



**ANALISIS SISTEM PELAYANAN
BONGKAR MUAT PETI KEMAS
DENGAN MENGGUNAKAN MODEL ANTRIAN
(STUDI KASUS DI PELABUHAN TANJUNG EMAS SEMARANG)**

TESIS

Disusun dalam rangka memenuhi salah satu persyaratan
Program Magister Teknik Sipil

Oleh :

Haryanto

Nim : L4A 098 021

**PROGRAM MAGISTER TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2005**

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS SISTEM PELAYANAN BONGKAR MUAT PETI KEMAS DENGAN MENGGUNAKAN MODEL ANTRIAN (STUDI KASUS DI PELABUHAN TANJUNG EMAS SEMARANG)

Disusun Oleh

HARYANTO
Nim : L4A 098 021

Dipertahankan di Depan Tim Penguji pada tanggal :

31 Januari 2005

Tesis ini diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar
Magister Teknik Sipil

TIM PENGUJI :

- | | |
|----------------------------------|--------------|
| 1. Ir. Sumarsono, MS | (Ketua) |
| 2. Ir. Mudjiastuti Handayani, MT | (Sekretaris) |
| 3. Dr. Ir. Bambang Riyanto, DEA | (Anggota 1) |
| 4. Ir. YI. Wicaksono, MS | (Anggota 2) |
| 5. Ir. Ismiyati, MS | (Anggota 3) |

[Handwritten signatures of the five members of the examination committee]

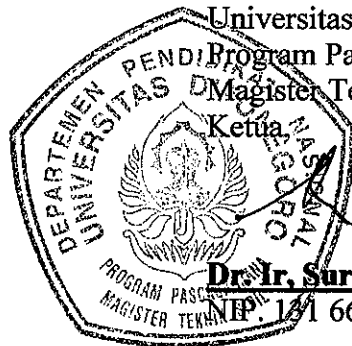
Semarang. 31 Januari 2005

Universitas Diponegoro

Program Pascasarjana

Magister Teknik Sipil

Ketua,



Dr. Ir. Suripin, M. Eng

NIP. 131 668 511

ABSTRAK

Masalah sistem pelayanan bongkar dan muat di pelabuhan peti kemas seringkali menjadi obyek tinjauan berkaitan dengan kinerja sistem pelayanan terhadap permintaan kedatangan peti kemas yang harus dilayani per satuan waktu. Pertanyaan ini memunculkan berbagai penelitian mengenai bagaimana meningkatkan kinerja sistem pelayanan di pelabuhan peti kemas dan kapan fasilitas dalam pelabuhan harus di tambah.

Studi ini akan melakukan analisa mengenai kinerja sistem pelayanan di Pelabuhan Peti Kemas Tanjung Emas Semarang, titik berat studi kali ini lebih ditekankan pada analisa sistem pelayanan dari sisi di lapangan penumpukan khususnya fasilitas *Rubber Tired Gantry (RTG)* dengan menggunakan metode antrian yang penyelesaiannya menggunakan simulasi sebagai alat perhitungan.

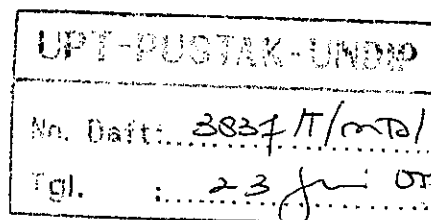
Pendekatan simulasi adalah pendekatan dimana proses perhitungan yang mendasarkan pada peniruan kondisi nyata dengan kondisi teoritis sedemikian hingga kondisi teoritis memiliki karakteristik yang mendekati kondisi nyata. Metode simulasi dapat diterapkan dalam setiap tema dan salah satu penerapannya adalah sistem pelayanan dalam proses bongkar dan muat di Pelabuhan Tanjung Emas Semarang.

Penyelesaian simulasi dalam studi ini diterapkan untuk melihat proses antrian dalam sistem pelayanan bongkar muat peti kemas. Model antrian yang digunakan adalah model $M/M/m:FCFS/\sim/\sim$. Model ini berarti model antrian banyak *server* (m) dengan pola kedatangan Poisson, pola pelayanan mengikuti distribusi eksponensial, metode pelayanannya adalah yang pertama datang yang pertama dilayani, dan jumlah kedatangan dan keberangkatan dianggap tak hingga.

Dari hasil analisis simulasi diketahui bahwa permintaan untuk ekspor/muat pada sampai tahun 2010 sebesar 217.727 box per tahun dan untuk impor/bongkar sebesar 165.346 box per tahun. Hasil simulasi kinerja pelayanan fasilitas RTG sampai tahun 2010 menunjukkan bahwa sampai tahun 2007, belum ditemukan ada antrian dalam sistem. Antrian baru terjadi pada tahun 2008 dimana tingkat kedatangannya mencapai 32 box/jam. Antrian hanya terjadi pada 1 buah fasilitas RTG dan tidak terjadi sepanjang periode simulasi. Waktu jeda sampai tahun 2010 masih tampak dan rata-rata masih diatas 5 menit baik untuk kegiatan muat dan bongkar. Artinya sistem masih dalam kondisi *underoperated*. Tetapi seiring peningkatan tingkat kedatangan peti kemas, waktu jeda ini mengalami penurunan dengan rata-rata penurunan sebesar 26 % baik untuk kegiatan muat maupun bongkar.

Dari temuan-temuan tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa berdasarkan analisis simulasi kinerja fasilitas pelayanan RTG sampai tahun 2010 diketahui bahwa fasilitas RTG (8 buah) masih dalam kondisi *underoperated* atau masih mampu melayani tingkat kedatangan peti kemas baik bongkar maupun muat secara penuh.

Kata Kunci : pelayanan bongkar dan muat peti kemas, majemen pelayanan peti kemas.



ABSTRACTS

The observation of loading and unloading in the container yard system problem is often be related to the performance of service system concerning to the container arrival which is be served at the time. Some researches have been conducted only for answering it in two cases: weather the system is optimal and when the new facilities provision required.

The study herein performs the analysis of service system for loading and unloading process to handle container at the container yard of Tanjung Emas port of Semarang is focusing for Rubber Tired Gantry (RTG) facility only. The selection of the simulation is of reason that in some cases, the simulation usage is simpler and more effective than the analytical method.

The simulation method will be applied for solving the queuing system at RTG facility in the container's loading and unloading process within the container terminal of Tanjung Emas port of Semarang. The queuing model follows (M/M/m:FCFS/~/~) rule as the first M is referred to Poisson's distribution based arrival rate, the second M referred to exponential distribution based service rate, m referred to multi entry multi exit server, FCFS stands for first come first service, and the last two codes referred to infinite arrival and service rate number.

Of the study results are as follow: total number of container loading activities up to 2010 is approximately 217.727 boxes, total number of container unloading approximately 165.346 boxes, no new facilities provision needed up to 2007 as there is not a sort of individual delayed in the server (no queuing exist). The queuing exists at one server in 2008 when the arrival rate reaches total number of 32 boxes per hour. The idle time appears each year until 2010 at rate of 5 minutes both loading and unloading activities. It implies that the facility is under operated. However, as the arrival rate increases, the idle time rate decreases 26 % averagely both for loading and unloading.

The above facts imply a conclusion that the existing RTG facility is sufficient handling the loading and unloading up to 2010. The provision of new one may begin in 2008 as the queuing number of container at server appears significantly.

Key words : The loading and unloading container service, container service management.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, atas segala limpahan rahkmat dan karuniaNya, sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan tugas penulisan tesis dengan judul “Analisis Sistem Pelayanan Bongkar Muat Peti Kemas dengan Menggunakan Model Antrian (Studi Kasus di Pelabuhan Tanjung Emas Semarang)”

Adapun maksud penulisan Tesis ini adalah sebagai salah satu syarat untuk memenuhi persyaratan mennyelesaikan program Magister Teknik Sipil Universitas Diponegoro Semarang.

Penulis menyadari tanpa bantuan, saran, bimbingan dan dorongan dari berbagai pihak tesis ini tidak akan segera terselesaikan.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang tulus kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Suripin, M.Eng; selaku Ketua Program Magister Teknik Sipil Universitas Diponegoro Semarang.
2. Bapak Ir. Sumarsono, MS; selaku Pembimbing I yang telah dengan sabar dan penuh tanggung jawab memberi bimbingan dalam penulisan tesis ini.
3. Ibu Ir. Mudjiastuti Handajani, MT; selaku Pembimbing II yang telah dengan sabar dan penuh tanggung jawab memberi bimbingan dalam penulisan tesis ini.
4. Bapak Dr. Ir. Bambang Riyanto, DEA; selaku pembahas tesis yang telah banyak meberikan masukan dan saran demi penyempurnaan tesis ini.
5. Bapak Ir. YI. Wicaksono, MS; selaku pembahas tesis yang telah banyak meberikan masukan dan saran demi penyempurnaan tesis ini.
6. Ibu Ir. Ismiyati, MS; selaku pembahas tesis yang telah banyak meberikan masukan dan saran demi penyempurnaan tesis ini.
7. Segenap Staf Pengajar Program Magister Teknik Sipil Universitas Diponegoro Semarang, yang telah memberi bekal ilmu kepada penulis.
8. Karyawan/karyawati pada Program Magister Teknik Sipil Universitas Diponegoro Semarang.

9. Rekan-rekan mahasiswa Magister Teknik Sipil Universitas Diponegoro Semarang, terutama untuk Bp. Ir. BY. Sriyono, MT; yang banyak memberikan dukungan moril maupun materiil selama penulis mulai masuk hingga menyelesaikan studi.
10. Pimpinan dan staf PT. Persero Pelabuhan Indonesia III Pelabuhan Petikemas Tanjung Emas Semarang.

Dan akhirnya penulis ucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada Istri yang terkasih Dra. Irene Sri Poedjowati Purnomo Wulan, putra-putriku yang tersayang Ristra Tyas Irviantie, Windriya Jusyar Irfayantie, Raditya Dipa Irfayanto dan Pramagistra Arsyia Irviantie yang dengan setia mendampingi, memberi dorongan semangat, pengertian dan pengorbanan sehingga penulis dapat menyelesaikan studi dengan baik.

Penulis menyadari bahwa penulisan tesis ini masih banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu masukan berupa saran, kritik dan usul perbaikan demi penyempurnaan tesis ini akan penulis terima dengan senang hati.

Semarang, Januari 2005

Penulis,

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
ABSTRAKS.....	iii
ABSTRACT.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR LAMBANG, NOTASI DAN ISTILAH	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Pokok Permasalahan	2
1.3. Maksud Dan Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Pembatasan Permasalahan	2
1.5. Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Sistem Transportasi.....	5
2.2. Sistem Pelabuhan Laut.....	6
2.3. Fungsi Dan Peranan Pelabuhan Laut	7
2.3.1. Fungsi Pelabuhan Laut.....	7
2.3.2. Peran Pelabuhan Laut.....	8
2.4. Justifikasi Pengelolaan Pelabuhan	8
2.5. Pelabuhan Peti Kemas.....	10
2.5.1. Fasilitas Pelabuhan Peti Kemas	10
2.5.2. Jenis-jenis Kegiatan Pelabuhan Peti Kemas	11
2.5.3. Peti Kemas	11
2.5.4. Kapal Peti Kemas.....	13
2.6. Metode Peramalan Permintaan	15
2.6.1. Metode Analitis Statistik.....	15
2.6.2. Metode Simulasi	19
2.6.3. Parameter dan Pengujian Model	19
2.7. Model-Model Distribusi dan Pengujiannya	20
2.7.1. Distribusi Poisson	20
2.7.2. Distribusi Eksponensial	21
2.7.3. Distribusi Normal.....	21
2.7.4. Uji Distribusi.....	22
2.8. Teori Antrian.....	22
2.8.1. Konsep Dasar Teori Antrian.	22
2.8.2. Model-Model Antrian	27
2.9. Studi Terdahulu.....	30

BAB III METODOLOGI STUDI.....	32
3.1. Alur Pikir Penelitian	32
3.2. Pengumpulan Data	33
3.2.1. Kebutuhan data	33
3.2.2. Metode Pengumpulan	34
3.3. Pengolahan Data	35
3.3.1. Prediksi Pendapatan Daerah Regional Bruto (PDRB)	35
3.3.2. Prediksi Pertumbuhan Volume Bongkar Dan Muat Peti Kemas	36
3.4. Analisis Antrian Pelayanan Rubber Tired Gantry (RTG) dengan Simulasi	37
3.4.1. Identifikasi Model Antrian.....	37
3.4.2. Pembentukan Simulator untuk Model (M/M/m)	39
3.4.3. Kehandalan dan Keterbatasan Metode Simulasi	42
 BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN.....	 46
4.1. Peramalan PDRB Jawa Tengah	46
4.2. Peramalan Arus Peti Kemas di Pelabuhan Tanjung Emas.....	53
4.2.1. Peramalan Jumlah Ekspor/muat Peti kemas	53
4.2.2. Peramalan Arus Impor/bongkar Peti kemas.....	59
4.3. Simulasi Antrian Fasilitas Rubber Tired Gantry (RTG).....	64
4.3.1. Parameter-Parameter Input Simulasi.....	64
4.3.2. Simulasi Antrian Model (M/M/8).....	71
4.4. Pembahasan Hasil Analisis Antrian dan Simulasi	75
 BAB V KESIMPULAN DAN REKOMENDASI	 79
Kesimpulan	79
Rekomendasi.....	79
 DAFTAR PUSTAKA.....	 80
 LAMPIRAN-LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Elemen kegiatan penanganan peti kemas.....	11
Tabel 2.2	Karakteristik antrian	26
Tabel 4.1.	Perkembangan PDRB Jawa Tengah tahun 1997-2003.....	46
Tabel 4.2.	Hasil peramalan PDRB Jawa Tengah tahun 2004-2010 (metode time series).....	48
Tabel 4.3.	Perhitungan nilai koefisien kemiringan regresi linier (b1).....	49
Tabel 4.4.	Hasil perhitungan koefisien dan parameter tiap model regresi.....	50
Tabel 4.5.	Hasil peramalan PDRB Jawa Tengah tahun 2004-2010 (metode regresi).....	51
Tabel 4.6.	Hasil peramalan PDRB Jawa Tengah tahun 2004-2010 moderat	52
Tabel 4.7.	Arus ekspor/muat peti kemas melalui Pelabuhan Tanjung Emas tahun 1997-2003	53
Tabel 4.8.	Hasil peramalan arus ekspor/muat peti kemas tahun 2004-2010 (metode time series).....	55
Tabel 4.9.	Hasil perhitungan parameter model dan nilai determinasi.....	56
Tabel 4.10.	Hasil peramalan arus ekspor/muat peti kemas tahun 2004-2010 (metode regresi).....	57
Tabel 4.11.	Hasil peramalan arus ekspor/muat peti kemas tahun 2004-2010 (moderat)	58
Tabel 4.12.	Perkembangan arus impor/bongkar peti kemas pelabuhan tanjung Semarang tahun 1997-2003	59
Tabel 4.13.	Hasil peramalan arus impor/bongkar peti kemas tahun 2004-2010 (time series)	60
Tabel 4.14.	Hasil perhitungan parameter model dan nilai determinasi.....	61
Tabel 4.15.	Hasil peramalan arus impor/bongkar peti kemas tahun 2004-2010	62
Tabel 4.16.	Hasil peramalan arus impor/bongkar peti kemas tahun 2004-2010 (moderat)	63
Tabel 4.17.	Karakteristik data harian ekspor/muat peti kemas (2003)	65
Tabel 4.18.	Karakteristik data jam-jam-an ekspor/muat peti kemas (2003).....	66
Tabel 4.19.	Peramalan tingkat kedatangan rata-rata ekspor/muat peti kemas	66
Tabel 4.20.	Karakteristik data harian impor/bongkar peti kemas (2003)	67
Tabel 4.21.	Peramalan tingkat kedatangan rata-rata impor/bongkar peti kemas	68
Tabel 4.22.	Data pengamatan waktu pelayanan Rubber Tired Gantry.....	68
Tabel 4.23.	Uji distribusi dan uji chi kuadrat untuk proses muat/ekspor	70
Tabel 4.24.	Uji distribusi dan uji chi kuadrat untuk proses bongkar/impor	71
Tabel 4.25.	Parameter-parameter input sistem arus muat peti kemas	72
Tabel 4.26.	Parameter-parameter input sistem arus bongkar peti kemas.....	72
Tabel 4.27.	Kinerja sistem hasil simulasi antrian untuk muat ekspor/muat.....	73
Tabel 4.28.	Kinerja sistem hasil simulasi antrian untuk bongkar impor/bongkar.....	75

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Sistem transportasi.....	5
Gambar 2.2. Proses IPO dalam sistem pelabuhan.....	6
Gambar 2.4. Skema Sistem Antrian.....	23
Gambar 2.5. Macam-macam Sistem Antrian.....	24
Gambar 3.1. Alur Pikir Penelitian.....	32
Gambar 3.2. Alur aktivitas bongkar (a) dan muat (b) di pelabuhan peti kemas.....	37
Gambar 3.3. Model antrian banyak server pelayanan.....	39
Gambar 3.4. Diagram alir prosedur simulasi antrian.....	44
Gambar 3.4. Diagram alir prosedur simulasi antrian (lanjutan).....	45
Gambar 4.1. Perkembangan PDRB Jawa Tengah tahun 1997-2003.....	46
Gambar 4.2. PDRB prediksi berdasarkan metode time series (2004-2010).....	48
Gambar 4.3. PDRB hasil peramalan dengan metode regresi (2004-2010).....	51
Gambar 4.4. Nilai PDRB Optimis (time series), Moderat dan Pesimis (regresi).....	52
Gambar 4.5. Perkembangan arus peti kemas ekspor/muat di Pelabuhan Tanjung Emas.....	54
Gambar 4.6. Hasil peramalan jumlah ekspor/muat peti kemas dengan metode time series tahun 2004 - 2010.....	55
Gambar 4.7. Hasil peramalan ekspor peti kemas metode regresi tahun 2004-2010 ...	57
Gambar 4.8. Nilai arus ekspor/muat peti kemas optimis (regresi), moderat dan pesimis (time series).....	58
Gambar 4.9. Perkembangan arus peti kemas impor/bongkar di Pelabuhan Tanjung Emas.....	59
Gambar 4.10. Hasil peramalan impor/bongkar peti kemas tahun 2004-2010 (time series).....	61
Gambar 4.11. Hasil peramalan arus impor/bongkar peti kemas tahun 2004-2010 (metode regresi).....	63
Gambar 4.12. Nilai arus impor/bongkar peti kemas optimis (regresi), moderat dan pesimis (time series).....	64
Gambar 4.13. Perubahan kinerja sistem dari tahun 2004-2010 untuk kegiatan muat .	74
Gambar 4.14. Perubahan kinerja sistem dari tahun 2004-2010 untuk kegiatan bongkar.....	75
Gambar 4.15. Hubungan waktu tunggu rata-rata (WT) dengan waktu jeda rata-rata (IT).....	77
Gambar 4.16. Hubungan antara tingkat kedatangan peti kemas dengan waktu sistem	78

DAFTAR LAMBANG, NOTASI DAN ISTILAH

CC	: <i>Container Crane</i> , peralatan bongkar muat yang berfungsi mengangkat dan menurunkan peti kemas dari kapal ke head truck
RTG	: <i>Rubber Tired Gantry</i> , fasilitas yang berfungsi untuk mengangkat dan menurunkan peti kemas dari head truck ke lapangan penumpukan atau sebaliknya.
HT	: <i>Head Truck</i> , peralatan untuk mengangkut peti kemas dari kapal atau dari RTG
CY	: <i>Container Yard</i> , lapangan penumpukan yang digunakan untuk menumpuk peti kemas
CT	: <i>cycle time</i> , adalah waktu yang dibutuhkan oleh peralatan di terminal peti kemas untuk melayani satu peti kemas dalam proses bongkar muat
Headway	: adalah jeda waktu antara kedatangan peti kemas, barang, kapal, dll
TEU's	: <i>twenty feet equivalent units</i> , sebuah satuan ekuivalen dari peti kemas, 1 TEU's adalah 1 peti kemas dengan ukuran panjang 20 kaki dengan tinggi 9 kaki
Pesimis	: prediksi pertumbuhan peti kemas dengan nilai rendah
Moderat	: prediksi pertumbuhan peti kemas dengan nilai sedang
Tinggi	: prediksi pertumbuhan peti kemas dengan nilai tinggi
IT	: <i>idle time</i> , waktu jeda atau waktu dimana server sedang dalam kondisi kosong karena tidak ada individu yang akan dilayani
Ak	: waktu saat individu ke-k masuk dalam sistem
Bk	: waktu saat individu ke-k meninggalkan antrian
Bi,j	: waktu saat individu ke-i masuk server ke-j
Di,j	: waktu keberangkatan individu ke-i dari server ke-j
ATk	: antar waktu kedatangan individu ke-(k-1) dengan individu ke-k
STi,j	: lama pelayanan untuk individu ke-i pada server ke-j
Wtk	: lama waktu menunggu di antrian oleh individu ke-k
ITi,j	: lama waktu jeda server ke-j sebelum melayani individu ke-i
N	: total individu yang masuk ke dalam sistem
M	: total server
i	: adalah merujuk pada individu yang menuju atau berada di server
j	: adalah merujuk pada nomor server
k	: adalah merujuk pada individu yang masuk ke sistem
Waktu tunggu	: waktu yang dihabiskan oleh individu akibat adanya antrian sampai individu tersebut dilayani
χ^2	: dibaca chi kuadrat, merupakan nilai perbandingan antara kuadrat selisih nilai aktual terhadap nilai prediksi dari suatu set data (sebagai pembilang) dengan nilai prediksi (sebagai pembagi)

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sebagai salah satu pintu masuk Jawa Tengah, keberadaan pelabuhan Tanjung Emas khususnya pelabuhan peti kemas sangat penting bagi pertumbuhan dan perkembangan Jawa Tengah. Pelabuhan peti kemas Tanjung Emas telah menjadi penunjang bagi gerak tumbuhnya arus perdagangan antar pulau bahkan antar negara yang kian hari semakin berkembang. Hal ini disebabkan posisi Tanjung Emas yang strategis dalam sistem jaringan transportasi laut baik kawasan lokal, regional bahkan internasional.

Pentingnya keberadaan pelabuhan peti kemas Tanjung Emas salah satunya ditunjukkan dari kinerja pelabuhan peti kemas Tanjung Emas yang menunjukkan grafik peningkatan dari tahun ke tahun. Berdasarkan data dari PT. Pelabuhan Indonesia III diketahui bahwa pada tahun 2001 rata-rata tingkat kedatangan kapal barang di pelabuhan peti kemas Tanjung Emas mencapai sekitar 1.277 kapal per tahun dengan total muatan sekitar 165.448 box per tahun atau setara dengan 272.611 TEU's per tahun. Dengan tingkat pertumbuhan pertahun mencapai 57 %, diperkirakan pada Tahun 2005 saja tingkat pertumbuhan muatan di pelabuhan peti kemas Tanjung Emas Semarang akan mencapai sekitar 259.743 box atau setara dengan 427.999 TEU's.

Begitu besarnya potensi *transshipment* barang melalui indikator di atas menuntut adanya peningkatan sisi pelayanan baik sisi operasional maupun sisi fasilitas. Dari sisi operasional perlu adanya peningkatan kecepatan pelayanan yang ditandai dengan menurunnya waktu total sistem pelayanan dalam pelabuhan peti kemas Tanjung Emas Semarang. Dari sisi fasilitas perlu adanya penambahan peralatan bongkar muat seperti *container crane*, *head truck* dan *gantry* untuk menunjang kecepatan operasi di lapangan.

Berkaitan dengan peningkatan pelayanan pelabuhan peti kemas Tanjung Emas Semarang, suatu studi oleh Soeharto (2003) telah memaparkan alternatif peningkatan pelayanan pelabuhan peti kemas Tanjung Emas Semarang melalui cara optimasi kapasitas dengan menggunakan metode antrian *multi entry multi exit* varian *first come first service* (M/M/C:FCFS/~/~). Studi ini menghasilkan beberapa kesimpulan yang salah satunya adalah rekomendasi mengenai penambahan fasilitas *container crane* sejumlah 1 unit, penambahan fasilitas *head truck* 3 unit dan fasilitas *gantry* 3 unit sampai tahun 2007.

Dengan tema yang serupa, studi ini akan melakukan analisa mengenai kinerja sistem pelayanan di pelabuhan peti kemas Tanjung Emas Semarang. Berbeda dengan studi yang

dilakukan oleh Soeharto (2003), titik berat studi kali ini lebih ditekankan pada analisa sistem pelayanan dari sisi di lapangan penumpukan khususnya fasilitas *Rubber Tired Gantry (RTG)* dengan menggunakan metode antrian yang penyelesaiannya menggunakan simulasi sebagai alat perhitungan.

1.2. Pokok Permasalahan

Salah satu pokok permasalahan yang dicermati berkaitan dengan pelabuhan peti kemas Tanjung Emas Semarang yang menjadi fokus studi ini adalah masalah seberapa besar tingkat kinerja dan pelayanan pelabuhan peti kemas Tanjung Emas Semarang dalam kaitannya dengan pertumbuhan permintaan yang terus meningkat dari waktu ke waktu. Perlu kiranya dilihat tingkat kinerja dan pelayanan pelabuhan Tanjung Emas dengan indikator-indikator seperti waktu pelayanan rata-rata dalam sistem dan persentase penggunaan fasilitas pelabuhan terhadap permintaan bongkar muat barang selama kurun waktu tertentu.

1.3. Maksud Dan Tujuan Penelitian

Maksud diadakannya penelitian ini adalah untuk mengetahui sistem antrian dan tingkat pelayanan fasilitas *Rubber Tired Gantry (RTG)* di lapangan penumpukan (*container yard*) pelabuhan peti kemas Tanjung Emas Semarang melalui pendekatan model antrian dengan penyelesaian simulasi.

Sedangkan tujuannya dilaksanakannya studi ini dapat dijabarkan atau diuraikan sebagai berikut:

- a. Meramalkan permintaan peti kemas yang harus dilayani oleh fasilitas *Rubber Tired Gantry (RTG)* pada tahun mendatang (sampai tahun 2010)
- b. Mensimulasi tingkat kinerja fasilitas *Rubber Tired Gantry (RTG)* untuk tahun-tahun mendatang (sampai tahun 2010). Indikator-indikator tersebut adalah tingkat kedatangan, tingkat pelayanan, waktu tunggu atau *delay*, waktu jeda atau *idle*, dan waktu sistem.
- c. Menemukanali kebutuhan penambahan fasilitas *Rubber Tired Gantry* pada tahun rencana.

1.4. Pembatasan Permasalahan

Dalam proses muat/ekspor, sebagai input yang akan dilayani oleh fasilitas RTG adalah kedatangan peti kemas dari *head truck* yang mengangkut dari *Gantry crane (GC)* yang

diambil dari kapal. Sedangkan dalam proses bongkar/impor, sebagai input yang akan dilayani oleh fasilitas RTG adalah kedatangan peti kemas yang diambil dari depo atau lapangan penumpukan secara langsung. Dari urutan ini jelas bahwa kinerja tiap fasilitas sebenarnya sangat tergantung oleh kinerja fasilitas lainnya. Artinya bahwa output kinerja fasilitas yang satu akan mempengaruhi output fasilitas yang lainnya karena output tersebut menjadi input bagi fasilitas selanjutnya dalam sistem kegiatan bongkar muat peti kemas.

Dalam proses simulasi, urutan kegiatan ini akan membutuhkan variabel yang banyak sekali dimana setiap tahap kegiatan membutuhkan simulator tersendiri. Artinya semakin banyak tahapan kegiatan yang ada, maka semakin kompleks simulator yang harus dibentuk. Dan karena simulasi membutuhkan bantuan komputer, maka kompleksitas simulator akan membutuhkan proses yang rumit dan memakan waktu (*consuming time*), sesuatu yang diluar jangkauan studi ini.

Karenanya, untuk menyederhanakan tema penelitian ini, beberapa batasan berikut ini akan digunakan sebagai acuan selama pelaksanaan penelitian, yaitu:

- a. Sistem pelayanan yang diteliti hanya tertuju pada kinerja pelayanan pada fasilitas *Rubber Tired Gantry*
- b. Alat analisis yang dipakai adalah simulasi terhadap model antrian yang sesuai dengan kondisi pelayanan fasilitas RTG di pelabuhan Tanjung Emas Semarang

1.5. Sistematika Penulisan

Penulisan penelitian ini akan disusun dalam 6 bab dimana tiap bab akan mengandung sub bab-sub bab tersendiri. Urutan penulisan bab-bab dijelaskan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Terdiri dari 5 sub bab yang menjelaskan tentang latar belakang masalah, pokok permasalahan yang ditinjau sebagai tema penelitian, maksud dan tujuan diadakannya penelitian, pembatasan permasalahan serta sistematika penulisan laporan penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Menjelaskan tentang hasil kajian atau tinjauan kepustakaan yang berkaitan dengan sistem transportasi secara umum dan sistem transportasi laut dan pelayanan pelabuhan secara khusus. Juga menjelaskan tentang dasar-dasar teori bagi analisis yang akan

dipakai dalam menyelesaikan permasalahan penelitian. Disamping itu juga dipaparkan tentang penelitian sejenis yang pernah dilakukan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Menjelaskan tentang alur pikir penelitian, kebutuhan data untuk menunjang penelitian baik data sekunder maupun primer, proses pengumpulan data, proses pengolahan data setelah didapat sebelum dianalisis serta menguraikan mengenai pembentukan metode dan prosedur analisis yang akan dilalui.

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

Memaparkan tentang hasil-hasil temuan data di lapangan, menganalisis karakteristik data dengan menggunakan metode-metode statistik (deskriptif, distributif dan inferensi), menganalisis data dengan menggunakan model antrian, serta membahas hasil-hasil analisis untuk menentukan kesimpulan hasil penelitian.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

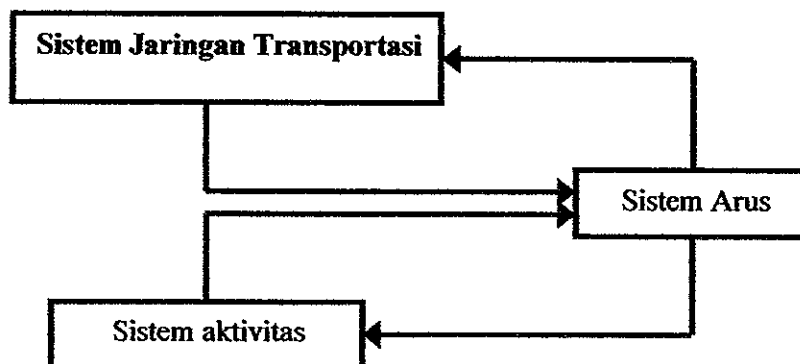
Merangkum kesimpulan-kesimpulan yang ditarik dari hasil analisa dan pembahasan pada bagian sebelumnya. Dengan menggunakan kesimpulan yang ada, kemudian disajikan saran atau rekomendasi mengenai manfaat penelitian, kebijakan yang diambil berkaitan dengan kesimpulan penelitian, dan kemungkinan adanya penelitian selanjutnya untuk melengkapi penelitian sejenis.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sistem Transportasi

Definisi sistem transportasi dapat dijelaskan dari dua jenis kata yang membentuknya yaitu sistem dan transportasi. Diantara definisi sistem adalah suatu kumpulan komponen-komponen yang saling berinteraksi satu sama lain dalam suatu wadah tertentu (*isolated collection*) (Gottfried, B., S., 1984). Sedangkan transportasi didefinisikan sebagai kegiatan pergerakan barang dan atau orang dari suatu tempat ke tempat lain yang lain dengan menggunakan moda tertentu. Jadi sistem transportasi secara lengkap dapat didefinisikan sebagai suatu kumpulan komponen-komponen yang interaksinya menyebabkan adanya pergerakan barang dari suatu tempat ke tempat lain.

Sistem transportasi adalah suatu interaksi yang terjadi antara tiga komponen sistem yang saling berkaitan dan mempengaruhi, yaitu sistem aktivitas, sistem jaringan transportasi dan sistem arus (*flow*) (Manheim, 1979). Hubungan ketiga komponen sistem ini dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. Sistem transportasi
Sumber : Manheim, 1979

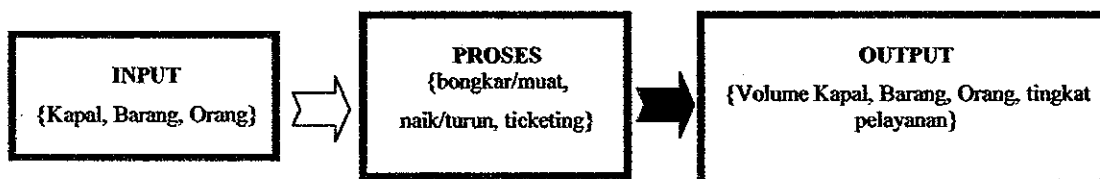
Sistem transportasi juga dapat diartikan suatu sistem pergerakan manusia dan barang antara satu tempat dengan tempat yang lain. Karena berkaitan dengan pergerakan, maka sistem transportasi dapat terdiri dari *konfigurasi* spasial, teknologi transportasi dan sistem kelembagaan (Setijowarno, D & R.B. Frazila, 2001). Singkatnya sistem transportasi merupakan sistem yang terdiri dari prasarana/sarana dan sistem pelayanan yang memungkinkan adanya pergerakan (LPKM ITB, 1996).

2.2. Sistem Pelabuhan Laut

Sistem pelabuhan laut merupakan bagian dari sistem transportasi laut. Sistem transportasi laut sendiri dapat didefinisikan sebagai sistem pergerakan barang atau orang dari satu tempat ke tempat lain melalui sarana dan prasarana laut. Diantara prasarana laut adalah pelabuhan.

Di dalam pelabuhan sendiri terdiri dari beberapa komponen yang saling berinteraksi dan membentuk suatu sistem dan disebut sistem pelabuhan laut untuk membedakan dengan pelabuhan udara. Sistem pelabuhan laut terdiri dari 2 (dua) elemen utama, yaitu elemen sarana pelabuhan berupa kapal dan elemen prasarana berupa fasilitas pelabuhan.

Antara sarana dan prasarana pelabuhan laut berinteraksi satu sama lain dan membentuk suatu proses sistem. Proses ini disebut proses sistem pelayanan. Sebagaimana sistem yang lain, proses yang terjadi dalam sistem pelabuhan laut dapat terdiri dari tiga komponen yaitu input, pelayanan dan output (IPO). Input dalam pelabuhan laut dapat berupa kedatangan kapal, kedatangan barang, atau kedatangan orang. Pelayanan dalam pelabuhan laut berupa proses pelayanan terhadap kapal sebagai moda seperti tandu, tunda, tambat, bongkar muat atau pelayanan terhadap orang atau barang seperti ticketing, sorting, dan naik turun. Sedangkan output dalam pelabuhan dapat berupa jumlah orang atau barang yang terangkut, atau tingkat layanan rata-rata.



Gambar 2.2. Proses IPO dalam sistem pelabuhan

Dalam fungsi dasarnya sebagai simpul bagi transit moda, barang dan orang, pelabuhan pada dasarnya adalah terminal transportasi. Sedangkan fungsi terminal transportasi secara umum adalah (Morlok, E., K., 1978):

- a. Untuk memuat dan membongkar barang serta menurunkan dan menaikkan penumpang.

- b. Untuk tempat penampungan, pemrosesan dan pengepakan sampai barang diangkut, dan tempat singgah atau transit penumpang.
- c. Tempat penampungan, perawatan dan pengaturan kendaraan.
- d. Tempat pengumpulan barang dan penumpang, sehingga mencapai jumlah tertentu yang ekonomis untuk diangkut.

Persyaratan yang dibutuhkan pelabuhan dari segi geografis dan teknis meliputi (Schumer, 1974):

- a. Lokasinya sedekat mungkin dengan lokasi asal dan tujuan barang dan penumpang.
- b. Mampu memberikan perlindungan terhadap kapal dari cuaca buruk sewaktu berada di pelabuhan.
- c. Memiliki kedalaman perairan yang cukup.
- d. Tersedia fasilitas-fasilitas yang digunakan untuk penanganan barang maupun penumpang.

2.3. Fungsi Dan Peranan Pelabuhan Laut

2.3.1. Fungsi Pelabuhan Laut

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 11 tahun 1993 pasal 4 ayat 1 fungsi pelabuhan dinyatakan sebagai “Pelabuhan adalah sebagai tumpuan tatanan kegiatan ekonomi dan kegiatan Pemerintah merupakan sarana untuk menyelenggarakan tempat naik turunnya penumpang dan bongkar muat barang serta menjangkau angkutan laut”.

Ada 3 (tiga) fungsi pokok dari pelabuhan laut dalam kaitannya dengan sistem transportasi dan kewilyahan (Salim, A., 1993), yaitu :

- a. Fungsi *Interface*, dalam arti pelabuhan menyediakan fasilitas dan pelayanan jasa untuk:
 - (i) Memindahkan (*transfer*) barang-barang dari kapal ke angkutan darat atau sebaliknya.
 - (ii) Memindahkan barang-barang dari kapal satu ke kapal yang lainnya (*transshipment*).
- b. Sebagai *link*, yaitu pelabuhan dipandang sebagai salah satu mata rantai dalam proses transportasi mulai dari tempat asal barang sampai ke tempat tujuan.
- c. Sebagai *gateway*, atau pintu gerbang dari suatu negara atau daerah sebagaimana halnya Pelabuhan Udara.

2.3.2. Peran Pelabuhan Laut

Peranan pelabuhan laut dalam mendukung fungsinya dalam sistem transportasi dan kewilayahan adalah:

- a. Melayani kebutuhan perdagangan (*to follow the trade*) baik perdagangan regional, nasional maupun internasional (ekspor impor)
- b. Menunjang perkembangan dan perputaran roda perdagangan regional (*to promote the trade*)
- c. Menyediakan fasilitas transit untuk tujuan daerah belakang (*hinterland*)
- d. Menampung pangsa pasar dan lalu-lintas angkutan laut untuk barang-barang *transshipment*, baik untuk angkutan Internasional maupun Nusantara (*first carier to second carier*).
- e. Menunjang berkembangnya industri di dalam daerah Pelabuhan maupun daerah belakangnya yang meliputi :
 - (i) Industri yang berkaitan langsung dengan angkutan laut maupun operasional pelabuhan
 - (ii) Industri yang berorientasi ekspor ataupun yang bergantung pada bahan baku yang di impor atau didatangkan dari luar pulau.

2.4. Justifikasi Pengelolaan Pelabuhan

Sejak jaman penjajahan hingga sekarang ini berbagai bentuk produk hukum tentang pembinaan dan pengelolaan Pelabuhan telah diterbitkan (dalam Soemarsono, 1997), yaitu antara lain :

- a. *Algemene Heven Reglement* (AHR) Stb 1927 tentang Ketentuan umum Kepelabuhan.
- b. Peraturan Pemerintah Pengganti Undang-Undang No. 19 tahun 1960 tentang Perusahaan Negara Pelabuhan.
- c. Peraturan Pemerintah No.1 tahun 1969 tentang Susunan dan Tata Kerja Pelabuhan dan Daerah Pelayaran.
- d. Undang-Undang No. 9 tahun 1969 tentang Bentuk-bentuk Usaha Negara dan sebagai pelaksanaannya dikeluarkan Peraturan Pemerintah No. 18 tahun 1969 tentang dibubarkannya Perusahaan Negara Pelabuhan (dalam likuidasi).
- e. Peraturan Pemerintah No. 3 tahun 1983 tentang Tata Cara Pembinaan dan Pengawasan Perusahaan Jawatan (Perjan), Perusahaan Umum (Perum) dan Persero.

- f. Peraturan Pemerintah No. 23 tahun 1985 tentang Pembinaan Kepelabuhan.
- g. Peraturan Pemerintah No. 4, 5, 6 dan 7 tahun 1985 tentang Perusahaan Umum Pelabuhan I, II, III dan IV.
- h. Peraturan Pemerintah No. 57 tahun 1991 tentang Pengalihan bentuk Perum Pelabuhan menjadi Perusahaan Perseroan (Persero).

Berdasarkan Peraturan Pemerintah dimaksud pada butir 7 diatas, maka pengelolaan pelabuhan di Indonesia dikelompokkan menjadi 4 (empat) Badan Usaha Milik Negara yang meliputi :

- a. PT (Persero) Pelabuhan Indonesia I berada di Belawan, mengelola pelabuhan-pelabuhan yang terletak di Propinsi Aceh (NAD), Sumatera-Utara dan Riau.
- b. PT (Persero) Pelabuhan Indonesia II berkedudukan di Jakarta, mengelola pelabuhan-pelabuhan yang terletak di Propinsi Sumatera-Barat, Jambi, Bengkulu, Lampung, Jawa-Barat, DKI Jaya dan Kalimantan-Barat.
- c. PT (Persero) Pelabuhan Indonesia III berada di Surabaya, mengelola pelabuhan-pelabuhan yang terletak di Propinsi Jawa-Tengah, Jawa-Timur, Bali, Nusa Tenggara Barat, Nusa Tenggara Timur, Timor-Timur, dan Kalimantan-Selatan.
- d. PT (Persero) Pelabuhan Indonesia IV berada di Ujung-Pandang (Makasar), mengelola pelabuhan-pelabuhan yang terletak di Propinsi Kalimantan-Tengah, Kalimantan-Timur, Sulawesi-Utara, Sulawesi-Tengah, Sulawesi-Tenggara, Sulawesi-Selatan, Maluku dan Irian-Jaya (Papua)

Melihat begitu luasnya fungsi-fungsi dan peranan pelabuhan dalam perekonomian negara, maka pemerintah telah mengatur organisasi pelaksanaan di pelabuhan sebagaimana dimuat dalam Peraturan Pemerintah No. 11 tahun 1983 Bab III, pasal 9 dan 10 yang berbunyi sebagai berikut :

- a. Unsur-unsur pelaksana pelabuhan terdiri dari instansi-instansi dan unit-unit kerja yang tugasnya berkaitan dengan lalu-lintas kapal penumpang, barang dan hewan di pelabuhan.
- b. Instansi dan unit kerja tersebut dalam ayat a pasal ini antara lain :
 - 1. Unit Pelaksana Badan Usaha Pelabuhan di pelabuhan-pelabuhan yang diusahakan oleh badan usaha pelabuhan.
 - 2. Unit Pelaksana Teknis Pelabuhan di pelabuhan-pelabuhan yang tidak diusahakan oleh badan usaha pelabuhan.
 - 3. Unit Pelaksana Teknis Instansi Pemerintah Bidang Perhubungan Laut selain dalam huruf 1 dan 2.

4. Instansi-instansi Pemerintah lainnya.
5. Badan Usaha Milik Negara atau swasta lainnya.
6. Administrator Pelabuhan di pelabuhan-pelabuhan yang diusahakan oleh badan usaha pelabuhan.

Tugas instansi dan unit kerja di pelabuhan sebagaimana dimaksud pada pasal 9 Peraturan Pemerintah ini adalah sebagai berikut :

- a. Unit Pelaksana Badan Usaha Pelabuhan melaksanakan jasa kepelabuhan dipelabuhan yang diusahakan oleh Badan Usaha Pelabuhan (BUP).
- b. Unit Pelaksana Teknis Pelabuhan melaksanakan pengelolaan jasa kepelabuhan dan mengkoordinasikan instansi-instansi pemerintah bidang perhubungan laut dan instansi pemerintah lainnya untuk melaksanakan tugas kepelabuhan di pelabuhan yang tidak diusahakan oleh Badan Usaha Pelabuhan (BUP).
- c. Unit Pelaksana Teknis Pelabuhan instansi pemerintah bidang perhubungan laut melaksanakan fungsi kebadaran, perkapalan dan pelayaran , jasa maritim, perambuan dan penerangan pantai, elektronika dan pelayaran, pengamanan pelabuhan, bandar dan lalu-lintas angkutan laut.
- d. Instansi Pemerintah lainnya melaksanakan fungsi di bidang masing-masing seperti bea cukai, imigrasi, karantina kesehatan dan keamanan.
- e. Badan Usaha Milik Negara dan atau swasta lainnya melaksanakan fungsi usaha penunjang dan atau pemakai jasa kepelabuhan.
- f. Administrator Pelabuhan melaksanakan fungsi koordinasi terhadap unit pelaksana Badan Usaha Pelabuhan, instansi pemerintah bidang perhubungan laut, dan instansi pemerintah lainnya untuk kelancaran tugas kepelabuhan di pelabuhan yang diusahakan oleh Badan Usaha Pelabuhan (BUP).

2.5. Pelabuhan Peti Kemas

2.5.1. Fasilitas Pelabuhan Peti Kemas

Dalam sistem pelabuhan laut dikenal ada 3 (tiga) jenis pelabuhan menurut jenis input yang dilayaninya yaitu pelabuhan penumpang atau orang, pelabuhan cargo untuk barang curah dan pelabuhan peti kemas. Pelabuhan peti kemas sendiri merupakan pelabuhan yang dioperasikan untuk melayani proses pengangkutan barang yang sudah dikemas dalam peti kemas.

Dalam sistem pelabuhan peti kemas terdapat 3 (komponen) utama yaitu adanya pelabuhan atau dermaga dan fasilitasnya, kapal peti kemas dan peti kemas sendiri. Pelabuhan atau dermaga biasanya dilengkapi dengan fasilitas sebagai berikut (Triatmodjo, B., 1996):

a. Fasilitas tetap

Meliputi tambatan, *marshalling yard*, *container yard*, gudang konsolidasi, *container freight station*, *maintenance and repair shop*, *gate and interchange*, pusat pengendali dan depot peti kemas.

b. Fasilitas bergerak

Meliputi *forklift*, *side loader/top loader*, *transtainer*, *gantry crane/total crane*, *headtruck*, *chasis trailer*, *fix spreader* dan *straddle carier*

2.5.2. Jenis-jenis Kegiatan Pelabuhan Peti Kemas

Tabel 2.1. Elemen kegiatan penanganan peti kemas

No.	Kegiatan	Uraian	Alat
1	<i>Unloading/Loading</i>	Membongkar peti kemas dari kapal ke truck khusus dan sebaliknya.	<i>Gantry crane</i> , <i>Crane Kapal</i> .
2	<i>Haulage</i>	Memindahkan/mengangkut peti kemas dari apron ke lapangan penumpukan.	<i>Head truck</i>
3	Angsur	Memindahkan petikemas dari truck khusus ke lapangan penumpukan.	<i>Top loader</i> , <i>forklift</i>
4	<i>Lift on</i> <i>Lift off</i>	Mengangkat peti kemas Menurunkan peti kemas	<i>Transtainer</i> , <i>top loader</i> dan <i>forklift</i>
5	<i>Stripping</i> <i>Stuffing</i>	Mengisi peti kemas Membongkar isi peti kemas	<i>Forklift</i>
6	<i>Delivery</i>	Mengangkut peti kemas keluar terminal	<i>Head truck</i>

Sumber: *Basic International Forwarding Course Modul 7a*

Ada beberapa kegiatan yang terjadi dalam pelabuhan peti kemas dalam kaitannya terhadap proses pelayanan terhadap pengangkutan peti kemas sebagaimana tercantum dalam Tabel 2.1.

2.5.3. Peti Kemas

Secara definisi, peti kemas dapat diartikan menurut kata peti dan kemas. Peti adalah suatu kotak berbentuk geometrik yang terbuat dari bahan-bahan alam (kayu, besi, baja,

dll). Kemas merupakan hal-hal yang berkaitan dengan pengepakan atau kemasan. Jadi peti kemas (*container*) adalah suatu kotak besar berbentuk empat persegi panjang, terbuat dari bahan campuran baja dan tembaga atau bahan lainnya (aluminium, kayu/fiber glas) yang tahan terhadap cuaca. Digunakan untuk tempat pengangkutan dan penyimpanan sejumlah barang yang dapat melindungi serta mengurangi terjadinya kehilangan dan kerusakan barang serta dapat dipisahkan dari sarana pengangkutnya dengan mudah tanpa harus mengeluarkan isinya (Kramadibrata, S; 1977).

a. Fungsi Peti Kemas

Fungsi peti kemas dalam suatu sistem pelabuhan laut diantaranya adalah sebagai:

- (i) Alat angkut, memiliki arti bahwa peti kemas berfungsi sebagai suatu sarana untuk mengangkut barang dalam jumlah atau ukuran tertentu
- (ii) Gudang, yaitu peti kemas dapat juga berfungsi sebagai tempat untuk menyimpan barang atau benda dalam kurun waktu tertentu
- (iii) Alat pengepakan barang, artinya peti kemas berfungsi sebagai wadah atau sarana untuk pengepakan atau pengemasan barang dari curah menjadi terkelompok.

b. Keuntungan dan Kerugian Penggunaan Peti Kemas

Tujuan utama penggunaan peti kemas adalah adanya alasan kepraktisan dan kemudahan dalam proses pengangkutan. Namun sekalipun begitu penggunaan peti kemas sebagai sarana angkut barang selalu memiliki sisi positif atau keuntungan dan sisi negatif atau kerugian.

Diantara keuntungan-keuntungan penggunaan peti kemas sebagai sarana angkut barang adalah sebagai berikut:

- (i) Kecepatan dalam proses bongkar muat
- (ii) Mengurangi biaya pengapalan per satuan berat barang
- (iii) Melindungi barang dari kerusakan selama penanganan di pelabuhan dan resiko kehilangan barang
- (iv) Mencegah resiko bagi tercampur atau tertukarnya barang
- (v) Mengurangi biaya pengepakan

Sedangkan kerugian-kerugian dari sistem penggunaan peti kemas sebagai sarana angkut diantaranya adalah:

- (i) Biaya investasi besar (dalam hal penyediaan peralatan penanganan peti kemas)
- (ii) Pelabuhan peti kemas merupakan proyek yang padat modal
- (iii) Dalam pengiriman barang dengan sistem LCL (*Less than Container Load*) bila kurang pengamatan dan pengecekan terhadap barang-barang yang mudah terkontaminasi, maka dapat mengakibatkan kerusakan total dalam isi peti kemas.

c. Jenis-Jenis Peti Kemas

Ada 3 (tiga) kelompok peti kemas (berdasarkan penggunaannya) yang umum digunakan sampai saat ini, yaitu :

- (i) Peti kemas untuk barang umum (*General Cargo Container*)
Untuk barang-barang umum/*general cargo* (tidak memerlukan alat pengatur suhu), sering kali disebut juga sebagai peti kemas untuk barang curah kering (*dry cargo container*).
- (ii) Peti kemas dengan pengatur suhu
Untuk barang-barang yang memerlukan alat pengatur suhu, misalnya buah-buahan, daging atau sayur-mayur.
- (iii) Peti kemas khusus
Untuk barang-barang khusus, seperti pupuk, biji-bijian dan berbentuk curah cair dengan dilengkapi dengan lobang-lobang pengisian (*loading batch*)

Pada umumnya peti kemas dibuat dari bahan-bahan yang berupa baja, aluminium dan plywood atau FRP (*Fiber glass Reinforced Plastics*). Pemilihan bahan peti kemas ini didasarkan pada pemakaian peti kemas bersangkutan.

Sedangkan ukuran peti kemas didasarkan atas *International Standard Organization (ISO)*. Unit ukuran yang lazim digunakan adalah TEU's (*Twenty Feet Square Equivalent Units*). Peti kemas dengan ukuran 20 feet kuadrat sama dengan 1 TEU's, sedangkan peti kemas dengan ukuran 40 feet kuadrat sama dengan 2 TEU's. Dalam pencatatan di lapangan seringkali juga digunakan istilah *BOX* yang menunjukkan satu kotak peti kemas dengan ukuran tertentu. Untuk proses pengangkutan, ukuran *BOX* ini lebih mudah dipakai daripada penggunaan ukuran TEU's.

2.5.4. Kapal Peti Kemas

Kapal peti kemas adalah kapal barang yang digunakan untuk mengangkut peti kemas. Sekalipun berfungsi sebagai pengangkut barang dalam peti kemas, kapal jenis ini memiliki

karakteristik yang hampir sama dengan kapal yang lain semisal kapal penumpang atau kapal cargo kecuali pada jenis fasilitas yang dimilikinya. Karakteristik kapal peti kemas antara lain adalah (Triatmodjo, B., 1996):

- a. Displacement Tonnage, DPL (Ukuran Isi Tolak), adalah volume air yang dipindahkan oleh kapal, dan sama dengan berat kapal. Ukuran Isi Tolak Kapal bermuatan penuh disebut dengan *Displacement Tonnage Loaded*, yaitu berat kapal maksimum. Ukuran isi tolak dalam keadaan kosong disebut dengan *Displacement Tonnage Light*, yaitu berat kapal tanpa muatan
- b. Dead Weight Tonnage, DWT (Bobot Mati) adalah berat total muatan dimana kapal dapat mengangkut dalam keadaan pelayaran optimal (*draft* maksimum). Jadi DWT merupakan selisih antara *Displacement Tonnage Loaded* dan *Displacement Tonnage Light*. DWT kapal berhubungan erat dengan biaya kapal selama dipelabuhan.
- c. Length Overall, L_{OA} (Panjang Total) adalah panjang kapal, dari haluan sampai buritan kapal. Karakteristik L_{OA} berhubungan erat dengan panjang dermaga yang harus disediakan disuatu pelabuhan yang akan disinggahi oleh kapal.
- d. Gross Register Tons, GRT (Ukuran Isi Kotor), adalah jumlah isi dari ruang kapal keseluruhan dalam satuan 'Registered ton' ($1 \text{ GRT} = 2,83 \text{ m}^3 = 100 \text{ ft}^3$). GRT berhubungan dengan besarnya tarif pelabuhan (baik tarif jasa pemanduan, penundaan maupun jasa tambat)
- e. Netto Register Tons, NRT (Ukuran Isi Bersih) adalah ruangan yang disediakan untuk muatan dan penumpang atau ruangan yang dapat didayagunakan.
- f. Draft (Sarat), adalah bagian kapal yang terendam air pada keadaan muatan maksimum.
- g. Beam (lebar kapal), adalah jarak maksimum antara dua sisi kapal.

Sedangkan bentuk kapal peti kemas yang umum digunakan saat ini dapat dikelompokkan menjadi ada 5 (lima), yaitu :

- a. *Full Container Ship.*
Yaitu kapal yang dibuat secara khusus mengangkut peti kemas.
- b. *Artificial Container Ship.*
Yaitu kapal yang sebagian dari ruangnya diperuntukan bagi muatan peti kemas, dan sebagian lagi untuk muatan konvensional, lazim disebut dengan Kapal Semi Container.
- c. *Convertible Container Ship.*

Yaitu kapal yang sebagian atau seluruh ruangnya dapat dipergunakan untuk memuat peti kemas atau muatan-muatan lainnya. Pada saat yang diperlukan kapal ini dapat diubah (*convertible*) secara otomatis sesuai kebutuhan untuk mengangkut peti kemas atau barang-barang non peti kemas.

d. *Ships with limited Container carrying ability.*

Yaitu kapal yang mempunyai kemampuan mengangkut peti kemas dalam jumlah terbatas. Kapal ini dilengkapi dengan perlengkapan khusus untuk memungkinkan mengangkut peti kemas, dan dilihat dari segi konstruksinya kapal ini adalah kapal konvensional

e. *Ships without special Container stowing or handling devices.*

Yaitu kapal yang tidak memiliki alat-alat bongkar muat alat pemadatan (*stowing*) secara khusus, tetapi juga dapat mengangkut peti kemas.

2.6. Metode Peramalan Permintaan

Dalam suatu sistem dikenal adanya permintaan atau *demand* dan pelayanan atau *supply*. Permintaan pada umumnya dipengaruhi oleh faktor-faktor lain seperti waktu yang bersifat selalu berubah. Sementara pelayanan pada umumnya lebih berkaitan dengan faktor-faktor internal sistem dan tidak terpengaruh oleh waktu karenanya cenderung stabil. Karena permintaan selalu berubah seiring perubahan waktu, maka untuk menentukan besarnya permintaan dalam kurun waktu tertentu mendatang, perlu dilakukan suatu proses prakiraan atau peramalan. Proses prakiraan atau peramalan ini dapat menggunakan cara analitis statistik atau dengan menggunakan metode simulasi. Metode mana yang akan digunakan sangat tergantung pada beberapa pertimbangan yang diperlukan seperti ketersediaan alat peramalan, ada tidaknya data pendukung, kemudahan pelaksanaan dan akurasi hasil yang diinginkan.

2.6.1. Metode Analitis Statistik

Metode peramalan dengan menggunakan metode analitis statistik biasanya didasarkan pada data-data terdahulu yang sudah ada. Metode ini dapat dibedakan menurut pola pendekatannya yaitu metode yang hanya mempertimbangkan kecenderungan pertumbuhan satu jalur seperti metode *time series* dan metode yang menyertakan jalur-jalur yang lain seperti metode regresi.

a. Metode *time series*

Suatu pertumbuhan diasumsikan mengikuti kecenderungan rata-rata pertumbuhan sebelumnya tanpa mempertimbangkan faktor-faktor yang mempengaruhinya. Pertumbuhan mendatang ditentukan berdasarkan tingkat pertumbuhan tiap kurun waktu yang telah terjadi. Secara matematis metode *time series* dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$P = P_0 (1 + i)^n \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan:

P = suatu nilai saat ini

P_0 = nilai awal.

i = tingkat pertumbuhan tiap kurun waktu tertentu (misal tahun), %

n = jumlah tahun rencana pertumbuhan yang diinginkan.

b. Metode regresi

Berbeda dengan metode *time series* yang hanya memperhatikan satu jalur atau variabel sebagai perangkat peramalan pertumbuhan, metode regresi bahkan memasukan atau memperhatikan faktor-faktor lain yang berpengaruh terhadap pertumbuhan yang ada. Karena memperhatikan faktor lain dalam proses peramalan, maka metode regresi selalu akan terdiri dari beberapa variabel (minimal 2 variabel).

Ciri utama dari metode regresi adalah adanya variabel bebas (*independent variate*) dan variabel tak bebas (*dependent variate*). Variabel bebas diartikan sebagai variabel yang besar nilainya tidak dipengaruhi oleh variabel lainnya. Sedangkan variabel tak bebas didefinisikan sebagai variabel yang nilainya dipengaruhi oleh variabel atau parameter lainnya. Variabel bebas umumnya bersifat random atau acak sedangkan variabel tak bebas biasanya bersifat teratur atau sekuensial.

(i) Regresi Linier

Regresi linier merupakan model regresi yang paling sering digunakan karena mudah digunakan dan diinterpretasikan hasilnya. Ada dua jenis model regresi linier yaitu model regresi linier tunggal (*single variate regression*) dan regresi linier berganda (*multivariate regression*).

a. Regresi linier tunggal

Secara matematis, model regresi linier tunggal dapat dirumuskan seperti dalam persamaan (2.2).

$$Y = b_0 + b_1X \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

Y = variabel tak bebas

X = variabel bebas

b_0 = konstanta regresi untuk $X = 0$

b_1 = konstanta arah regresi linier dan menyatakan perubahan rata-rata variabel Y untuk setiap perubahan variabel X sebesar satu unit.

b. Regresi linier berganda

Secara matematis, model regresi linier berganda dapat dirumuskan seperti dalam persamaan (2.3).

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots\dots\dots + b_kX_k \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

Y = variabel tak bebas

$X_1 \dots X_k$ = variabel-variabel bebas

$b_0 \dots b_k$ = parameter-parameter dari persamaan regresi

(ii) Regresi non linier

Model regresi non linier digunakan jika kecenderungan hubungan antara dua variabel tidak bersifat linier. Untuk membuktikan ketidaklinieran ini dapat digunakan uji linieritas. Ada beberapa model regresi non linier yang sering dipakai diantaranya adalah sebagai berikut:

a. Model kuadrat

Secara matematis, model kuadrat dapat dirumuskan seperti dalam persamaan (2.4).

$$Y = b_0 + b_1X + b_2X^2 \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan :

Y = variabel tak bebas

X = variabel bebas

$b_0 \dots b_k$ = parameter-parameter

b. Model pangkat

Secara matematis, model kuadrat dapat dirumuskan seperti dalam persamaan (2.5).

$$Y = b_0 X^{b_1} \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan :

Y = variabel tak bebas

X = variabel-variabel bebas

$b_0 \dots b_k$ = parameter-parameter

c. Model Logaritmik

Secara matematis, model kuadrat dapat dirumuskan seperti dalam persamaan (2.6).

$$Y = b_0 + b_1 \ln(x) \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan :

Y = variabel tak bebas

X = variabel bebas

b_0 = intersep

b_1 = koefisien kecenderungan

d. Model Eksponensial

Secara matematis, model kuadrat dapat dirumuskan seperti dalam persamaan (2.7):

$$Y = b_0 e^{-b_1 x} \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan :

Y = variabel tak bebas

X = variabel-variabel bebas

$b_0 \dots b_k$ = parameter-parameter

e = bilangan alam, (2,987436..)

Disamping model-model non linier seperti tercantum diatas, masih ada beberapa model lainnya seperti model S, *compound*, *invers*, kubik, polinomial, dll.

2.6.2. Metode Simulasi

Simulasi dapat didefinisikan sebagai suatu proses pengambilan keputusan tentang suatu sistem dengan menggunakan model yang memiliki kemiripan dengan sistem aslinya (Gottfried, B., S., 1984). Karenanya simulasi berkaitan dengan pembentukan suatu model yang sedemikian hingga menyerupai kenyataan.

Ciri utama dari model simulasi adalah adanya proses coba-coba (*trial and error*). Dalam prakteknya, proses coba-coba ini dilakukan dalam bentuk pembentukan suatu nilai random yang dijadikan sebagai input bagi sistem yang akan diproses. Dan output dari proses ini adalah sekumpulan nilai yang berada dalam range tertentu sebagai respon atas input random tersebut. Nilai-nilai output ini selanjutnya dapat dilihat kedekatannya dengan hasil empiris melalui metode statistik (misal nilai *mean* dan deviasi standard).

Simulasi merupakan metode yang secara luas dipakai untuk tujuan peramalan suatu output di masa yang akan datang dimana penggunaan metode analitis dianggap sulit dilakukan. Namun dalam beberapa penerapan, simulasi kadang digabung dengan pendekatan analitis sebagai upaya untuk mengurangi tingkat kerandoman sebagaimana disebutkan diatas.

2.6.3. Parameter dan Pengujian Model

Untuk mengetahui kedekatan antara model-model analitis dengan data-data empiris diperlukan beberapa parameter uji sebagai indikator kedekatan tersebut. Beberapa parameter uji yang sering digunakan adalah sebagai berikut:

- a. *Mean Square Error* (MSE): dihitung untuk mengetahui besarnya tingkat kesalahan/penyimpangan.
- b. *Koefisien Determinasi* (R^2) : menyatakan tingkat hubungan linier antara variabel tak bebas dengan variabel-variabel prediktor-nya. Suatu model dianggap mempunyai kedekatan dengan data jika nilai R^2 -nya besar atau mendekati 1. sebaliknya, suatu model dianggap tidak representatif jika nilai R^2 -nya semakin kecil atau mendekati 0. Nilai R^2 dihitung dengan persamaan (2.8).

$$R^2 = \frac{[n \sum xy - \sum x \sum y]^2}{n \sum x^2 - (\sum x)^2 + n \sum y^2 - (\sum y)^2} \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan:

R^2 : koefisien determinasi

N : jumlah data

X : kumpulan data variabel bebas

Y : kumpulan variabel tak bebas

- c. *Uji – F* untuk mengetahui apakah model regresi yang didapat berdasarkan penelitian benar-benar berarti bila dipakai untuk membuat kesimpulan mengenai hubungan sejumlah variabel.
- d. *Uji – t* untuk untuk menguji independen/keterkaitan antar variabel atau uji keberartian koefisien regresinya.

2.7. Model-Model Distribusi dan Pengujiannya

2.7.1. Distribusi Poisson

Model distribusi poisson merupakan model distribusi yang paling banyak dipakai terutama berkaitan dengan pola kedatangan input dalam suatu sistem yang bersifat diskrit (tidak kontinyu) tetapi mempunyai probabilitas majemuk (berbeda dengan model bernoulli yang hanya memiliki dua probabilitas/kemungkinan seperti dua sisi mata uang). Ciri utama dari model poisson adalah sifat diskrit dan acak. Kedatangan kendaraan parkir, kedatangan kapal di pelabuhan, kedatangan kendaraan di simpang, kedatangan pesawat di landasan merupakan contoh-contoh dari sifat acak dan diskrit. Secara matematis fungsi densitas probabilitas (*probability density function*) model poisson dapat dinyatakan sebagaimana dalam persamaan (2.9).

$$F(t) = \frac{(\lambda)^x}{x!} e^{-\lambda} \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan:

F(t) : variabel tujuan fungsi

λ : adalah rata-rata tingkat kedatangan input

x : jumlah kedatangan dalam sistem

t : kurun waktu kerja sistem

e : bilangan alam

2.7.2. Distribusi Eksponensial

Model eksponensial termasuk dalam kelompok distribusi kontinyu (non diskrit). Karena dalam kategori non diskrit, model Eksponensial umumnya digunakan untuk penerapan dalam masalah-masalah yang bersifat kontinyu sebagai contoh waktu pelayanan dalam suatu sistem. Waktu antara dua kedatangan input dalam suatu sistem juga dikategorikan bersifat kontinyu dan distribusinya pada umumnya mengikuti model Eksponensial. Secara matematis model distribusi Eksponensial dapat dinyatakan sebagaimana dalam persamaan (2.10).

$$F(t) = \alpha e^{-\alpha t} \dots\dots\dots (2.10)$$

Keterangan:

F(t) : variabel tujuan fungsi

α : adalah invers dari rata-rata tingkat kedatangan input (μ)

x : jumlah kedatangan dalam sistem

t : kurun waktu kerja sistem

e : bilangan alam

Dapat dilihat bahwa persamaan (2.10) merupakan penyederhanaan persamaan (2.9) jika nilai $x=1$ dan $\lambda = 1/\alpha$.

2.7.3. Distribusi Normal

Banyak dijumpai dalam berbagai macam bidang dimana suatu pola kedatangan input dalam sistem memiliki kecenderungan mengikuti distribusi normal. Ciri utama dari distribusi normal adalah bentuknya yang simetrik dan menyerupai bentuk "lonceng". Fungsi densitas probabilitas distribusi normal dapat dinyatakan dalam persamaan (2.11).

$$F(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left[\frac{x - \mu}{\sigma} \right]^2 \right\} \dots\dots\dots (2.11)$$

Keterangan:

F(x) : variabel tujuan fungsi

μ : rata-rata tingkat kedatangan input (μ)

σ : standard deviasi

x : jumlah kedatangan dalam sistem

t : kurun waktu kerja sistem

$\exp(e)$: bilangan alam

2.7.4. Uji Distribusi

Uji distribusi digunakan untuk mengetahui kedekatan antara model distribusi dengan distribusi frekuensi dari data empiris. Uji distribusi pada umumnya menggunakan metode *Chi-Square Goodness of Fit Test (Chi-Square Test)*. Rumus dasar dari metode *Chi-Square* seperti dalam persamaan (2.12).

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(n_i - e_i)^2}{e_i} \dots\dots\dots (2.12)$$

Keterangan:

χ : nilai chi

k : jumlah data

n : frekuensi pengamatan atau data empiris

e : frekuensi teoritis

Langkah-langkah pengujian model distribusi dengan metoda *Chi-Square Test* ini adalah sebagai berikut:

- a. Pengambilan suatu model distribusi yang akan diujikan
- b. Pembentukan distribusi frekuensi data empiris dengan menggunakan cara kelas dan interval
- c. Menentukan nilai frekuensi pengamatan data empiris (σ_i) dan nilai frekuensi teoritis (e_i) berdasarkan model distribusi yang akan diujikan
- d. Menghitung nilai statistik *Chi-Square* (X^2) dengan menggunakan rumus X^2
- e. Jika nilai statistik *Chi-Square* (X^2) yang dihitung < nilai X^2 yang didapat dari tabel (biasanya dipakai tabel standar nilai X^2), maka model dianggap memiliki kedekatan. Jika sebaliknya, maka model dianggap tidak memiliki kedekatan.

2.8. Teori Antrian

2.8.1. Konsep Dasar Teori Antrian.

Diasumsikan suatu sistem dengan kapasitas C akan dimasuki oleh input sebesar I . Jika tingkat pelayanan (S) dalam sistem untuk merespon tingkat input I lebih lambat dari input I

maka akan terjadi antrian sebesar Q . dapat dikatakan bahwa antrian pada dasarnya adalah representasi dari perbandingan antara tingkat input I dengan tingkat pelayanan S dimana besarnya > 1 dan sebaliknya jika besarnya < 1 maka antrian tidak terjadi bahkan sistem mengalami *idle* atau waktu jeda.

Ilustrasi dari sistem antrian ditunjukkan pada Gambar 2.4. Dimana sistem ini mempunyai dua bagian dasar, yaitu suatu antrian dan fasilitas pelayanan. Saat input datang, antrian akan terbentuk (dengan asumsi pasti terjadi antrian). Antrian ini akan direspon oleh sistem pelayanan. Setelah itu input keluar dari sistem berupa output.



Gambar 2.4. Skema Sistem Antrian

Ciri utama dari sistem antrian adalah adanya rata-rata tingkat kedatangan (λ), tingkat pelayanan (γ), waktu tunggu individu (t), waktu tunggu sistem ($\delta = n.t$) dan waktu jeda (*idle time*) (α).

Suatu sistem antrian akan mengikuti model tertentu yang bersifat unik untuk tiap sistem yang berbeda. Model ini dipengaruhi atau ditentukan oleh beberapa unsur seperti input atau sumber masukan (berhingga atau tak berhingga), disiplin antrian (yang dulu datang atau yang belakangan yang akan dilayani terlebih dahulu) dan jumlah server pelayanan (satu pelayanan atau pelayanan banyak).

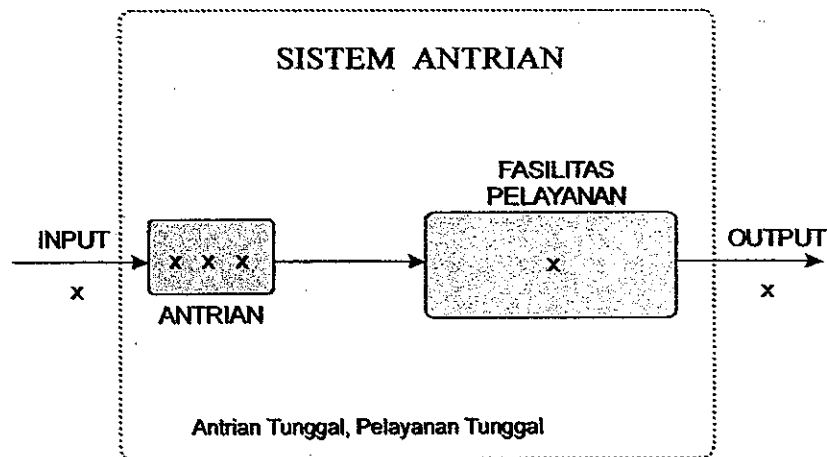
Jenis sistem antrian dapat dibedakan sesuai dengan tingkah lakunya seperti dibawah ini (Siagian, P. 1987) :

1. Sumber (*input*), bisa berhingga atau tidak berhingga.
 Dalam praktek, sumber adalah berhingga. Tetapi dalam populasi yang besar, sumber dianggap tidak berhingga dan untuk keperluan analisis sering lebih mudah menggunakan sumber tidak berhingga sebagai dasar perhitungannya.
2. Proses masukan, secara teori, waktu kedatangan antara satuan-satuan dengan satuan berikutnya dianggap acak dan bebas.
3. Mekanisme pelayanan, dimana perlu diperhatikan 3 (tiga) aspek, yaitu :
 - a. Tersedianya pelayanan.
 - b. Kapasitas pelayanan.

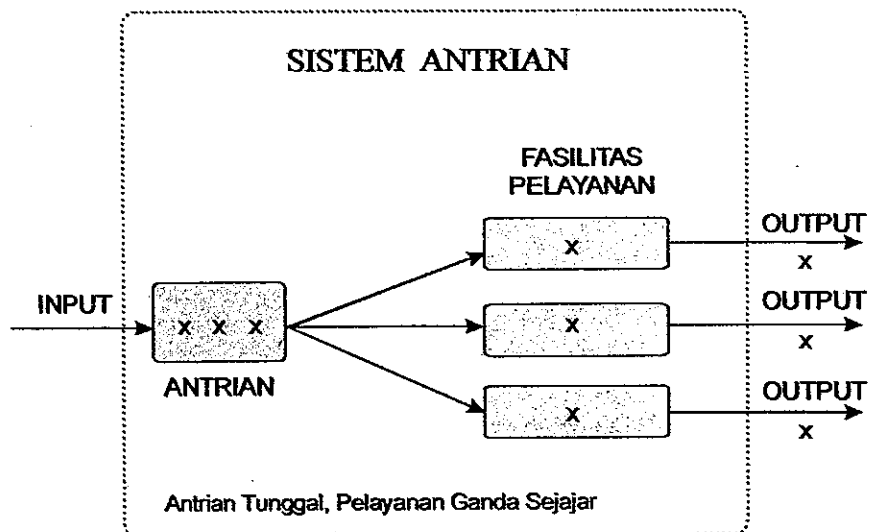
c. Waktu pelayanan.

Berdasarkan ke-3 (tiga) sifat-sifat diatas dan kombinasinya, dalam praktek membentuk bermacam-macam bentuk sistem antrian, diantaranya :

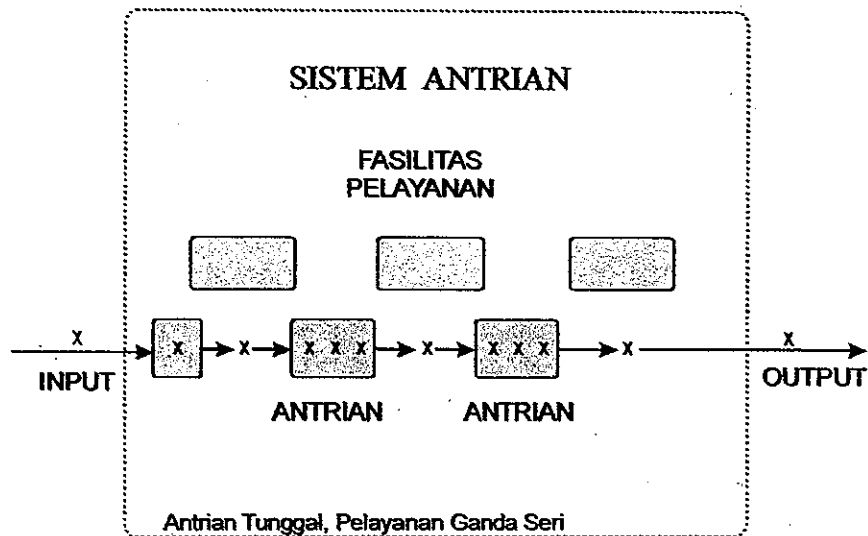
1. Antrian tunggal, pelayanan tunggal (Gambar 2.5 a)
2. Antrian tunggal, pelayanan ganda sejajar (Gambar 2.5 b)
3. Antrian ganda, pelayanan ganda seri (Gambar 2.5 c)
4. Antrian ganda, pelayanan ganda (Gambar 2.5 d)



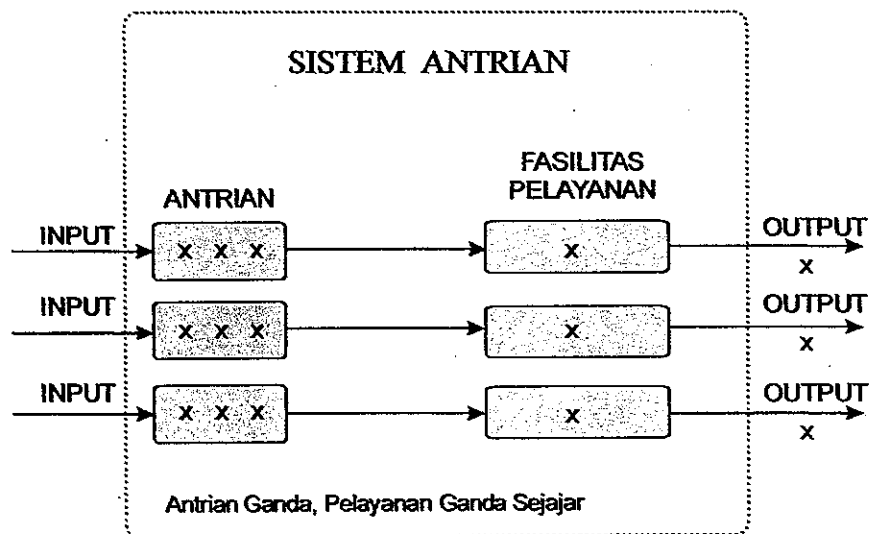
Gambar 2.5 (a)



Gambar 2.5 (b)



Gambar 2.5 (c)



Gambar 2.5 (d)

Perbedaan masing-masing jenis antrian :

- Kesibukan kegiatan kedatangan.
- Waktu pelayanan.
- Waktu tunggu yang terjadi bagi pelanggan ditempat antrian.

Sedangkan menurut Morlock, 1978, ada 4 (empat) karakteristik antrian yang harus ditentukan untuk menilai prestasi, yaitu :

1. Distribusi *headway* dari kedatangan lalu lintas, yang mungkin saja merata, atau dapat mengikuti pola kedatangan Poisson atau acak atau pola lainnya.
2. Distribusi waktu pelayanan (misal konstan, Poisson dan sebagainya).
3. Jumlah saluran untuk pelayanan atau stasiun.
4. Disiplin antrian, yang menentukan urutan dimana satuan lalu lintas yang tiba akan dilayani.

Adapun syarat terjadinya proses antrian adalah jika dan hanya jika laju kedatangan pelanggan melebihi kemampuan fasilitas pelayanan yang ada. Namun permasalahan akan muncul apabila :

1. Sumber masukan/pelanggan terlalu banyak, sehingga akan timbul antrian yang panjang yang akan mengakibatkan berkurang/hilangnya pelanggan.
2. Sebaliknya bila fasilitas pelayanan ditambah untuk mengurangi antrian, akan menimbulkan pengurangan keuntungan atau tidak ekonomisnya sistem karena fasilitas pelayanan sering menganggur..

Jadi, masalahnya adalah bagaimana mengusahakan keseimbangan antara biaya tunggu (antrian), terhadap biaya mencegah antrian itu sendiri guna memperoleh keuntungan yang maksimum.

Secara umum karakteristik sistem antrian dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.2 Karakteristik antrian

Karakteristik Dasar Antrian	Asumsi-asumsi Umum
Sumber populasi	Tak terbatas atau terbatas.
Pola kedatangan	Tingkat kedatangan Poisson (waktu kedatangan eksponensial)
Panjang antrian	Tak terbatas atau terbatas
Disiplin antrian	<i>FCFS, LIFO</i> , dll
Pola pelayanan	Tingkat pelayanan Poisson (waktu pelayanan eksponensial).
Keluar	Langsung kembali ke populasi

Sumber : Subagyo Pangestu, 1987

2.8.2. Model-Model Antrian

Suatu model antrian biasanya dinotasikan dengan suatu sistem notasi tertentu untuk memudahkan pengenalan dan penerapannya. Sistem notasi yang paling umum dipakai adalah sistem Markovian. Sistem notasi ini memiliki format $(A/B/m) : (C/D/E)$. A adalah kode untuk model distribusi kedatangan input pada suatu sistem, B merupakan model distribusi pelayanan sistem, m merupakan jumlah server atau pintu pelayanan, C adalah disiplin pelayanan dalam sistem, D merupakan sumber input, dan E adalah panjang antrian.

Untuk notasi A dan B memiliki beberapa nilai antara lain M (Markovian) untuk poisson atau Eksponensial, E untuk Erlang, H untuk Hiper-eksponensial, D untuk Deterministik, dan G untuk *General* atau tak tentu. Sedangkan notasi m memiliki nilai integer positif $(1, 2, 3, \dots, N)$ yang merupakan jumlah server pelayanan.

Untuk notasi C memiliki nilai seperti FCFS (*first come first service*), LCFS (*last come first service*) atau RS (*random service*). Untuk notasi D dan E memiliki nilai terbatas atau tak terbatas (\sim).

a. Model antrian $(M / M / 1) : (FCFS / \sim / \sim)$

Adalah model antrian dengan distribusi antarwaktu kedatangan Eksponensial (M), distribusi waktu pelayanan Eksponensial (M), jumlah server 1, disiplin pelayanan yang datang pertama dilayani pertama kali, sumber input tak terbatas dan panjang antrian tak dibatasi.

Ketentuan-ketentuan yang berlaku untuk model ini adalah sebagai berikut :

- (i) Distribusi waktu antar kedatangan mengikuti distribusi eksponensial
- (ii) Distribusi waktu pelayanan mengikuti distribusi eksponensial
- (iii) Terdapat fasilitas pelayanan m , dimana $m = 1$
- (iv) Disiplin pelayanan adalah *FCFS*, yaitu yang pertama datang yang pertama dilayani terlebih dahulu
- (v) Sumber masukan dan ukuran antrian tidak terbatas

b. Model antrian $(M / M / m) : (FCFS / \sim / \sim)$

Adalah model antrian dengan distribusi antarwaktu kedatangan Eksponensial (M), distribusi waktu pelayanan Eksponensial (M), jumlah server banyak (> 1), disiplin pelayanan yang datang pertama dilayani pertama kali, sumber input tak terbatas dan panjang antrian tak dibatasi.

Ketentuan-ketentuan yang berlaku untuk model ini adalah sebagai berikut :

- (i) Distribusi waktu antar kedatangan mengikuti distribusi eksponensial
- (ii) Distribusi waktu pelayanan mengikuti distribusi eksponensial
- (iii) Terdapat fasilitas pelayanan m , dimana $m > 1$
- (iv) Disiplin pelayanan adalah *FCFS*, yaitu yang pertama datang yang pertama dilayani terlebih dahulu
- (v) Sumber masukan dan ukuran antrian tidak terbatas

c. Model antrian (M / G / 1) : (FCFS / ~ / ~)

Adalah model antrian dengan distribusi antarwaktu kedatangan Eksponensial (M), distribusi waktu pelayanan tak tentu (G), jumlah server tunggal (=1), disiplin pelayanan yang datang pertama dilayani pertama kali, sumber input tak terbatas dan panjang antrian tak dibatasi.

Ketentuan-ketentuan yang berlaku untuk model ini adalah sebagai berikut :

- (i) Distribusi waktu antar kedatangan mengikuti distribusi eksponensial
- (ii) Distribusi waktu pelayanan mengikuti bentuk tak tentu
- (iii) Terdapat fasilitas pelayanan m , dimana $m = 1$
- (iv) Disiplin pelayanan adalah *FCFS*, yaitu yang pertama datang yang pertama dilayani terlebih dahulu
- (v) Sumber masukan dan ukuran antrian tidak terbatas

d. Model antrian (M / G / m) : (FCFS / ~ / ~)

Adalah model antrian dengan distribusi antarwaktu kedatangan Eksponensial (M), distribusi waktu pelayanan tak tentu (G), jumlah server banyak (>1), disiplin pelayanan yang datang pertama dilayani pertama kali, sumber input tak terbatas dan panjang antrian tak dibatasi.

Ketentuan-ketentuan yang berlaku untuk model ini adalah sebagai berikut :

- (i) Distribusi waktu antar kedatangan mengikuti distribusi eksponensial
- (ii) Distribusi waktu pelayanan mengikuti bentuk tak tentu
- (iii) Terdapat fasilitas pelayanan m , dimana $m > 1$
- (iv) Disiplin pelayanan adalah *FCFS*, yaitu yang pertama datang yang pertama dilayani terlebih dahulu
- (v) Sumber masukan dan ukuran antrian tidak terbatas

e. Model antrian (G / M / 1) : (FCFS / ~ / ~)

Adalah model antrian dengan distribusi antarwaktu kedatangan tak tentu (G), distribusi waktu pelayanan Eksponensial (M), jumlah server tunggal (=1), disiplin pelayanan yang datang pertama dilayani pertama kali, sumber input tak terbatas dan panjang antrian tak dibatasi.

Ketentuan-ketentuan yang berlaku untuk model ini adalah sebagai berikut :

- (i) Distribusi waktu antar kedatangan mengikuti distribusi tak tentu
- (ii) Distribusi waktu pelayanan mengikuti Eksponensial
- (iii) Terdapat fasilitas pelayanan m , dimana $m = 1$
- (iv) Disiplin pelayanan adalah *FCFS*, yaitu yang pertama datang yang pertama dilayani terlebih dahulu
- (v) Sumber masukan dan ukuran antrian tidak terbatas.

f. Model antrian (G / M / m) : (FCFS / ~ / ~)

Adalah model antrian dengan distribusi antarwaktu kedatangan tak tentu (G), distribusi waktu pelayanan Eksponensial (M), jumlah server banyak (>1), disiplin pelayanan yang datang pertama dilayani pertama kali, sumber input tak terbatas dan panjang antrian tak dibatasi.

Ketentuan-ketentuan yang berlaku untuk model ini adalah sebagai berikut :

- (i) Distribusi waktu antar kedatangan mengikuti distribusi tak tentu
- (ii) Distribusi waktu pelayanan mengikuti distribusi eksponensial
- (iii) Terdapat fasilitas pelayanan m , dimana $m > 1$
- (iv) Disiplin pelayanan adalah *FCFS*, yaitu yang pertama datang yang pertama dilayani terlebih dahulu
- (v) Sumber masukan dan ukuran antrian tidak terbatas

g. Model antrian (G / G / m) : (FCFS / ~ / ~)

Adalah model antrian dengan distribusi antar waktu kedatangan tak tentu (G), distribusi waktu pelayanan tak tentu (G), jumlah server banyak (>1), disiplin pelayanan yang datang pertama dilayani pertama kali, sumber input tak terbatas dan panjang antrian tak dibatasi.

Ketentuan-ketentuan yang berlaku untuk model ini adalah sebagai berikut :

- (i) Distribusi waktu antar kedatangan mengikuti distribusi tak tentu

- (ii) Distribusi waktu pelayanan mengikuti distribusi tak tentu
- (iii) Terdapat fasilitas pelayanan m , dimana $m > 1$
- (iv) Disiplin pelayanan adalah *FCFS*, yaitu yang pertama datang yang pertama dilayani terlebih dahulu
- (v) Sumber masukan dan ukuran antrian tidak terbatas.

2.9. Studi Terdahulu.

Soemarsono (1997) melakukan studi dengan judul “ Optimasi Fasilitas Pelayanan dan Evaluasi Sistem Pelayanan Bongkar-Muat dengan Simulasi Komputer di Pelabuhan Tanjung Emas”, dengan menggunakan metode antrian tunggal banyak pelayanan (*single entry multi service*), model $(M/M/C / / \sim / \sim)$, dengan criteria biaya total minimum.

Dari studi yang dilakukan, didapat beberapa hasil studi sebagai berikut :

1. Pertumbuhan rata-rata barang untuk peti kemas sebesar 15 % dan *general cargo* sebesar 10 %.
2. Kinerja Pelabuhan Tanjung Emas Semarang, khususnya Dermaga Samudera dapat ditingkatkan dengan penambahan jumlah dermaga menjadi 7 (tujuh) unit atau 1.050 m, dan kapasitas penumpukan peti kemas menjadi 7.000 teus (98.999 m²) dengan peralatan *top loader* 4 (empat) unit, *head truck* 7 (tujuh) unit dan *forklift* 8 (delapan) unit.
3. Nilai Utilitas fasilitas dan peralatan dari hasil scenario yang paling baik masing-masing adalah : dermaga 83.11 %, lapangan penumpukan peti kemas 60.28 %, *top loader* 33.057 %, *head truck* 6.39 % dan *forklift* 9.71 % .
4. Faktor ketergantungan peralatan pelabuhan seperti *top loader*, *head truck* dan *forklift* terhadap kecepatan pelayanan crane kapal menyebabkan titik optimal biaya pelabuhan menjadi tinggi, karena terjadi antrian pada titik muat dimana proses ini crane kapal bertindak sebagai pelayan bagi peralatan pelabuhan dan sebaliknya.

Sedangkan Soeharto (2003) melakukan studi dengan judul “ Kajian Terhadap Fasilitas Peralatan Bongkar-Muat Pada Terminal Peti Kemas di Pelabuhan Tanjung

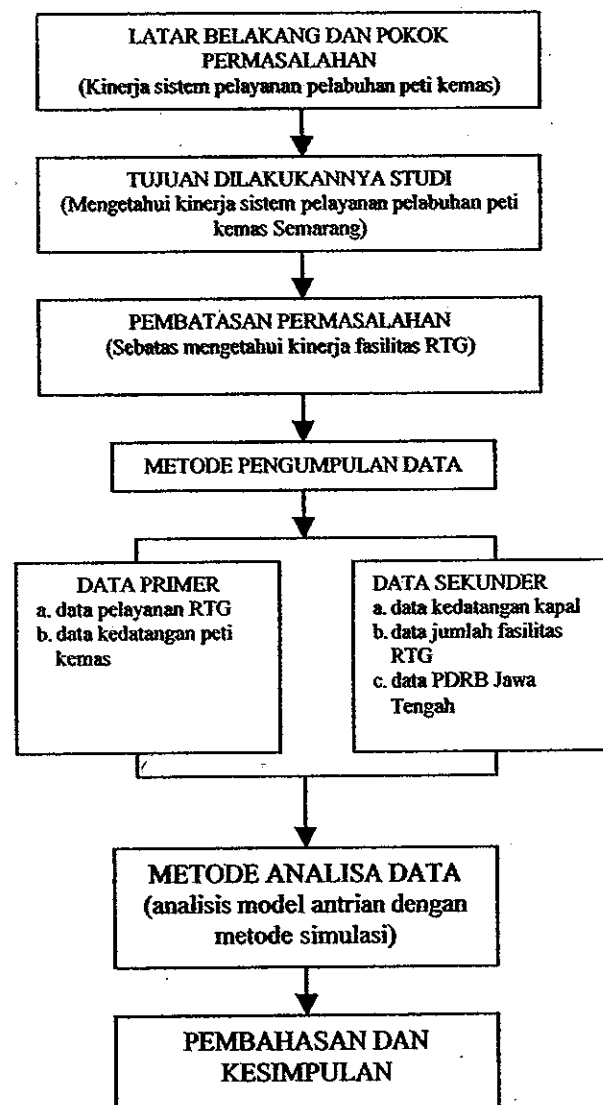
Emas”, dengan menggunakan metode antrian tunggal banyak pelayanan (*single entry multi service*), model (M/M/C/ / ∞ / ∞), dengan criteria biaya total minimum. Dari studi yang dilakukan, didapat beberapa hasil studi sebagai berikut :

1. Total biaya minimum didapat jika kombinasi fasilitas bongkar-muat meliputi : 2(dua) buah *container crane*, 12 (dua belas) buah *head truck* dan 5 (lima) buah *rubber tired gantry* dengan biaya minimum sebesar Rp. 39.819.790,-
2. Nilai minimum untuk total waktu dalam system didapat jika kombinasi fasilitas bongkar dan muat meliputi 3 (tiga) buah *Container crane*, 6 (enam) buah *rubber tired gantry* dengan waktu total layanan sebesar 0,7294 jam per *container*.
3. Nilai minimum untuk total waktu dalam antrian didapat jika kombinasi fasilitas bongkar dan muat meliputi 3 (tiga) buah *Container crane*, 12 (dua belas) buah *head truck* dan 6 (enam) buah *rubber tired gantry* dengan total waktu antrian 1,363 jam per *container*.
4. Penambahan fasilitas *container crane* dapat dilakukan pada tahun 2006 jika kondisi distribusi puncak atau pada tahun 2009 jika kondisi distribusi merata dengan penambahan *container crane* sejumlah 1 (satu) unit.
5. Penambahan fasilitas *head truck* dapat dilakukan pada tahun 2004 jika kondisi distribusi puncak atau pada tahun 2007 jika kondisi distribusi merata dengan penambahan *head truck* sejumlah 3 (tiga) unit.
6. Penambahan fasilitas *rubber tired gantry* dapat dilakukan pada tahun 2004 jika kondisi distribusi puncak atau pada tahun 2007 jika kondisi distribusi merata dengan penambahan *rubber tired gantry* sejumlah 3 (tiga) unit.

BAB III METODOLOGI STUDI

3.1. Alur Pikir Penelitian

Alur pikir pelaksanaan penelitian ini secara sederhana dapat diilustrasikan oleh Gambar 3.1. Penelitian melalui tiga tahap yaitu tahap awal berupa identifikasi latar belakang dan permasalahan yang berkaitan dengan tema penelitian, penentuan maksud dan tujuan, pembatasan masalah, dan studi kepustakaan berkaitan dengan materi atau tema penelitian. Tahap pertengahan berupa pengambilan dan pemrosesan data. Tahap akhir berupa analisis dan penarikan kesimpulan.



Gambar 3.1. Alur Pikir Penelitian

- a. Penelitian dimulai dengan mengenali berbagai kondisi yang berkaitan dengan kinerja bongkar dan muat di terminal Peti Kemas pelabuhan Tanjung Emas Semarang.
- b. Dari kondisi yang ada tersebut, selanjutnya dirumuskan inti permasalahan yang akan dijadikan tema studi ini yaitu sistem kinerja fasilitas RTG di terminal Peti Kemas Tanjung Emas Semarang. Kinerja diukur dengan beberapa indikator seperti waktu tunggu atau tunda, waktu dalam sistem, waktu jeda, tingkat kedatangan dan tingkat pelayanan.
- c. Setelah itu dilakukan tinjauan pustaka untuk mengumpulkan berbagai rumus-rumus dan dasar-dasar teori yang menunjang tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian. Sebagai bahan acuan dan pembanding, diberikan pula tinjauan studi terdahulu yang memiliki tema yang serupa atau memiliki kesamaan dalam pokok permasalahannya.
- d. Kemudian dilakukan inventarisasi kebutuhan data yang harus dikumpulkan berkaitan dengan sistem antrian di terminal Peti Kemas. Begitu juga dijabarkan metode-metode yang akan dipakai untuk pengumpulan data meliputi bahan dan alat yang dibutuhkan, cara pengumpulan, dan waktu pengumpulan.
- e. Data yang diperoleh selanjutnya dieksplorasi yaitu langkah untuk mengurutkan dan menyeleksi data dengan statistik deskriptif, tabulasi yaitu penyajian data dalam bentuk tabulasi silang dan plotting yaitu penyajian data dalam bentuk grafik-grafik.
- f. Data yang sudah diolah kemudian dianalisis menggunakan metode-metode yang telah dipilih dari berbagai pustaka yang diambil sebagai bahan acuan penelitian.
- g. Hasil-hasil analisis disimpulkan dan diberikan rekomendasi seperlunya untuk 2 (dua) tujuan yaitu ditujukan untuk peneliti selanjutnya dan ditujukan untuk praktisi.

3.2. Pengumpulan Data

3.2.1. Kebutuhan data

- a. Data Pendapatan Daerah Regional Bruto (PDRB)

Yang dibutuhkan adalah data pendapatan daerah regional bruto (PDRB) Jawa Tengah dalam kurun waktu minimal 5 tahun ke belakang. Data PDRB didapat dari

catatan statistik dan digunakan sebagai variabel peramal laju ekspor dan impor Jawa Tengah.

b. Data ekspor dan impor Jawa Tengah

Yang dibutuhkan adalah data ekspor dan impor Jawa Tengah minimal 5 tahun ke belakang. Data ekspor dan impor didapatkan dari catatan statistik.

c. Data bongkar/muat peti kemas jam-jam-an, harian, bulanan, tahunan

Yang dibutuhkan adalah data catatan bongkar/muat peti kemas di pelabuhan Tanjung Emas Semarang dalam satuan jam, dalam satuan hari, dalam satuan, bulan dan dalam satuan tahun. Data-data ini disamping digunakan untuk mengetahui tingkat kedatangan peti kemas, juga digunakan untuk menghitung faktor pengali jam-jam-an, harian, bulanan dan tahunan. Data ini didapat dari catatan PT. Pelindo sebagai otoritas operasional di pelabuhan peti kemas Semarang.

d. Data pelayanan fasilitas *Rubber Tired Gantry* (RTG)

Yang dibutuhkan adalah data mengenai waktu siklus pelayanan RTG terhadap setiap peti kemas. Waktu siklus adalah waktu yang dibutuhkan oleh RTG untuk mengangkat peti kemas, meletakkannya, sampai mengangkat peti berikutnya. Data ini didapat dari hasil pengamatan di lapangan selama kurun waktu tertentu.

3.2.2. Metode Pengumpulan

Yang membutuhkan penanganan khusus dalam pengumpulan data hanyalah data mengenai waktu siklus pelayanan fasilitas RTG. Definisi waktu siklus pelayanan RTG adalah waktu dari mengangkat peti kemas (dari truk untuk bongkar atau dari lapangan untuk muat) , meletakkannya (di truk untuk muat atau di lapangan untuk bongkar) sampai siap mengangkat peti kemas berikutnya.

a. Cara pencatatan

Seorang pencatat mengamati waktu siklus fasilitas RTG saat dari truk ke lapangan lalu balik ke truk lagi lalu mencatatnya lama waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu siklus tersebut (aktivitas bongkar). Seorang pencatat lain mengamati aktivitas RTG dari lapangan ke truk lalu ke lapangan lagi lalu mencatat waktu siklus yang dibutuhkan (aktivitas muat).

b. Kebutuhan alat dan personel

Dibutuhkan minimal 2 orang personel sebagai tenaga pencatat dan seorang koordinator. Peralatan yang dibutuhkan adalah stopwatch atau jam tangan dan pencatat seperti kertas, papan dan alat tulis.

c. Waktu pelaksanaan

Dibutuhkan minimal 30 set data untuk setiap aktivitas (bongkar/muat). Jika diasumsikan dalam 1 (satu) jam sebanyak 20 aktivitas, maka dibutuhkan kira-kira 2 jam pengamatan untuk mendapatkan data minimal 30 buah.

3.3. Pengolahan Data

3.3.1. Prediksi Pendapatan Daerah Regional Bruto (PDRB)

Untuk memprediksi volume bongkar peti kemas digunakan dua pendekatan yaitu pendekatan dengan metode *time series* dan pendekatan dengan metode regresi.

a. Metode *time series*

Dalam pendekatan *time series* yang dibutuhkan adalah data PDRB tahun dasar dan nilai faktor pertumbuhan (i). Data volume PDRB tahun dasar biasanya diambil data tahun terakhir eksisting. Sebagai contoh jika data yang tersedia adalah data tahun 1997-2003, maka untuk peramalan, data tahun dasar diambil tahun 2003.

Nilai faktor pertumbuhan (i) merupakan rata-rata pertumbuhan dari tahun 1997 sampai tahun 2003. Dan prediksi atau peramalan PDRB ditulis sebagaimana persamaan (2.1).

b. Metode regresi

Untuk peramalan dengan menggunakan metode regresi dibutuhkan kandidat variabel bebas dan variabel tak bebas. Variabel bebas merupakan variabel yang pada umumnya merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi variabel tak bebas. Jadi dengan kata lain variabel tak bebas nilainya akan tergantung besarnya variabel bebas.

Untuk peramalan PDRB, sebagai kandidat variabel bebas adalah tahun, sedangkan sebagai kandidat variabel tak bebas adalah PDRB.

Karena kandidat variabel bebasnya hanyalah satu, maka model-model yang mungkin diujikan dalam metode regresi dalam kasus ini adalah semua model kecuali model linier berganda (karena membutuhkan kandidat variabel bebas > 1). Namun karena beberapa pertimbangan, dalam penelitian kali ini hanya akan diujikan 4 buah model saja yaitu model linier tunggal, model logaritmik, model pangkat, dan model eksponensial.

Pengujian model mana yang akan dipakai diantara keempat model ditentukan dengan melihat kedekatan antara model dengan data empiris. Tolok ukur kedekatan ini adalah dengan melihat nilai determinasi tiap model atau sering disebut nilai R^2 . Semakin besar nilai R^2 berarti semakin dekat model dengan data empiris. Begitu juga berlaku sebaliknya.

Setelah model didapat maka langkah selanjutnya adalah menggunakan model untuk meramal PDRB pada tahun-tahun mendatang. Sebagai input adalah variabel bebasnya yaitu nilai tahun.

3.3.2. Prediksi Pertumbuhan Volume Bongkar Dan Muat Peti Kemas

Untuk memprediksi volume bongkar peti kemas digunakan dua pendekatan yaitu pendekatan dengan metode *time series* dan pendekatan dengan metode regresi.

a. Metode *time series*

Dalam pendekatan *time series* yang dibutuhkan adalah data volume bongkar peti kemas tahun dasar dan nilai faktor pertumbuhan (i). Data volume bongkar peti kemas tahun dasar biasanya diambil data tahun terakhir eksisting. Misal tahun 2003 jika data yang tersedia adalah data tahun 1997-2003.

Nilai faktor pertumbuhan (i) merupakan rata-rata pertumbuhan dari tahun 1997 sampai tahun 2003. Selanjutnya prediksi atau peramalan volume bongkar peti kemas dihitung dengan rumus sebagaimana persamaan (2.1).

b. Metode regresi

Untuk peramalan dengan menggunakan metode regresi dibutuhkan kandidat variabel bebas dan variabel tak bebas. Untuk peramalan volume bongkar dan muat peti kemas, sebagai kandidat variabel bebas adalah nilai PDRB, sedangkan sebagai kandidat variabel tak bebas adalah volume bongkar atau muat peti kemas.

Karena kandidat variabel bebasnya hanyalah satu, maka model-model yang mungkin diujikan dalam metode regresi dalam kasus ini adalah semua model kecuali model linier berganda (karena membutuhkan kandidat variabel bebas > 1). Dalam kasus kali ini hanya akan diujikan 4 buah model saja yaitu model linier tunggal, model logaritmik, model pangkat, dan model eksponensial. Pengujian model mana yang akan dipakai diantara keempat model ditentukan dengan melihat kedekatan antara model dengan data empiris. Tolok ukur kedekatan ini adalah dengan melihat nilai

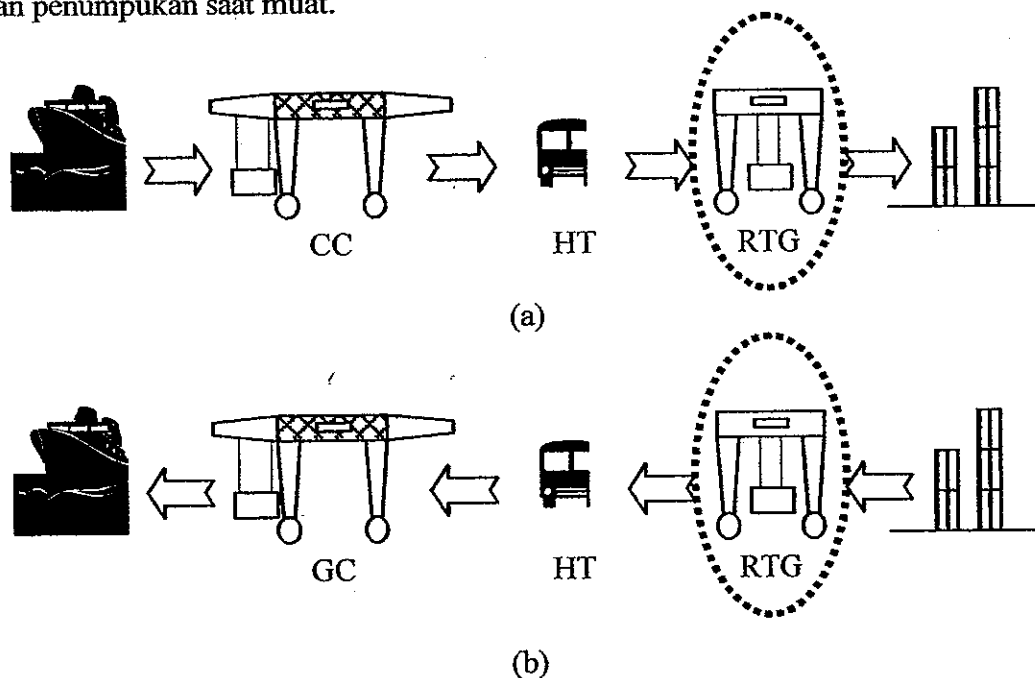
determinasi tiap model atau sering disebut nilai R^2 . semakin besar nilai R^2 berarti semakin dekat model dengan data empiris. Begitu juga berlaku sebaliknya.

Setelah model didapat maka langkah selanjutnya adalah menggunakan model untuk meramal volume bongkar atau muat peti kemas pada tahun-tahun mendatang. Sebagai input adalah variabel bebasnya yaitu nilai PDRB hasil peramalan.

3.4. Analisis Antrian Pelayanan *Rubber Tired Gantry* (RTG) dengan Simulasi

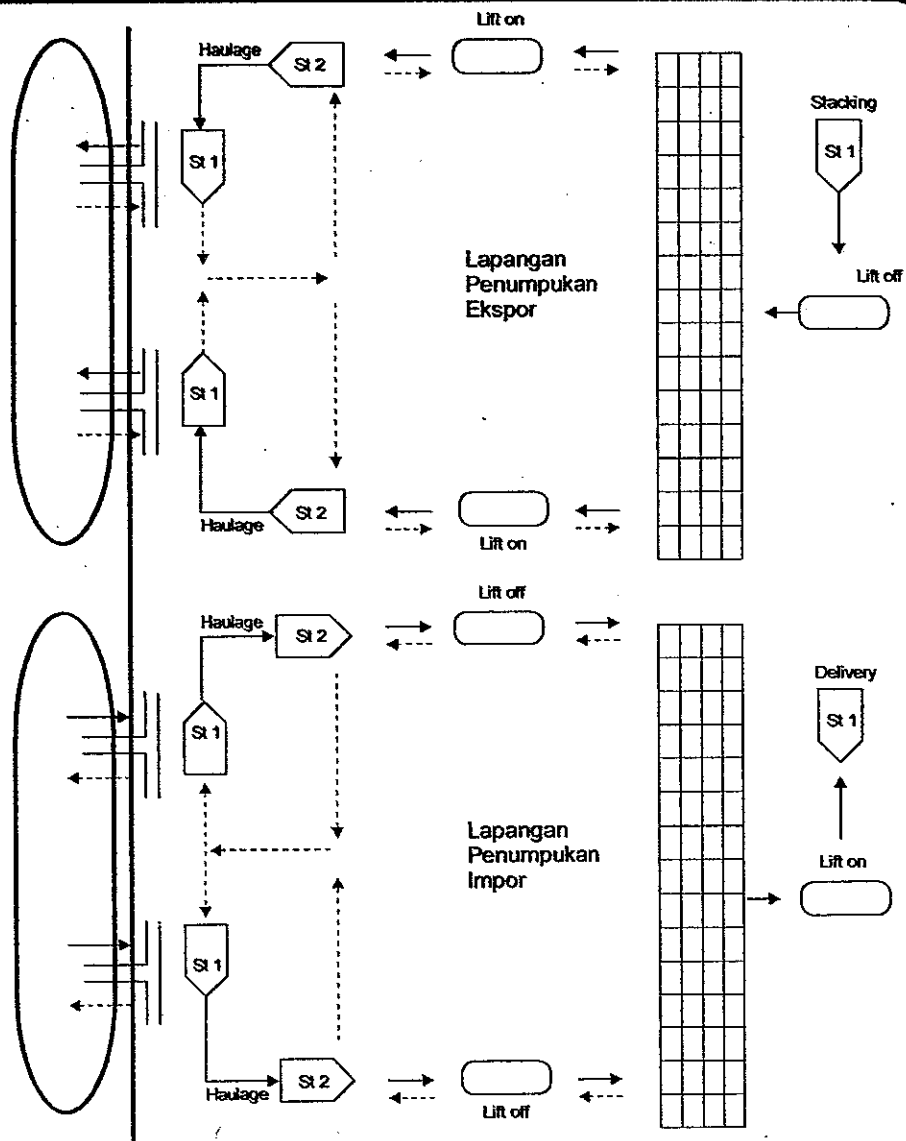
3.4.1. Identifikasi Model Antrian

Analisis antrian yang dimaksud dalam studi ini adalah antrian untuk fasilitas *Rubber Tired Gantry* (RTG) yang biasanya beroperasi di lapangan penumpukan (*container yard*). RTG ini merupakan salah satu fasilitas yang ada di pelabuhan peti kemas Semarang dan berfungsi ganda. Dalam kegiatan bongkar (*unloading*), RTG berfungsi sebagai alat untuk mengangkat peti kemas dari truk, membawanya dan menatanya di lapangan penumpukan. Dalam kegiatan muat (*loading*), RTG bekerja mengangkat peti kemas dari lapangan penumpukan, membawanya dan meletakkannya di atas *head truck* yang akan menuju ke *Container Crane*. Dari gambaran tersebut jelas bahwa analisis antrian untuk RTG mempunyai dua jenis input yaitu input peti kemas dari truk saat bongkar dan input dari lapangan penumpukan saat muat.






Gambar 3.2. Alur aktivitas bongkar (a) dan muat (b) di pelabuhan peti kemas

ALUR AKTIVITAS BONGKAR - MUAT PETI KEMAS DI PELABUHAN



KETERANGAN :

- : Pergerakan Peti Kemas Impor
- ← : Pergerakan Peti Kemas Ekspor
- ↔ : Pergerakan Balik Alat

-  : Container Crane
-  : RTG
-  : Head Truck

Gambar 3.2 (c)

Tingkat kedatangan input ini bersifat random atau acak dan tergantung pada fasilitas lainnya semisal truk pengangkut dari container crane atau penataan peti kemas di lapangan. Karena bersifat random, maka distribusinya mengikuti distribusi poisson dan distribusi antar waktu kedatangannya mengikuti distribusi eksponensial (dilambangkan M).

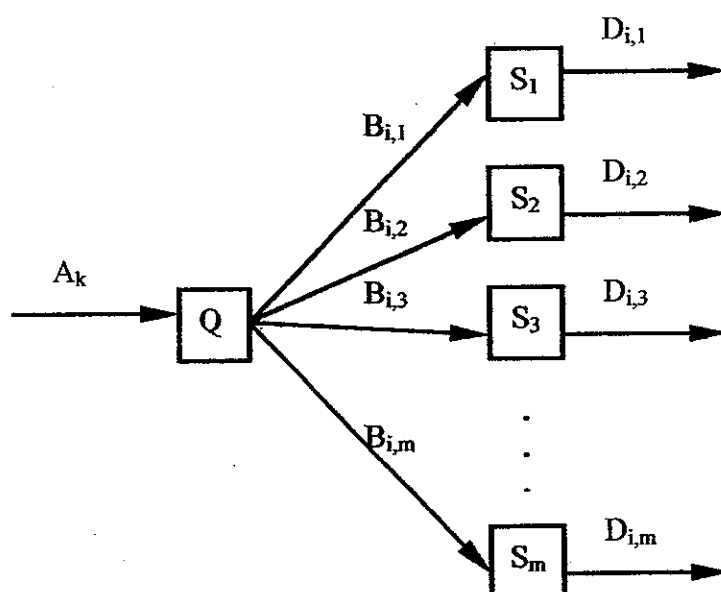
Jumlah RTG di pelabuhan peti kemas Tanjung Emas Semarang sebanyak 8 buah. Dalam terminologi antrian kali ini berarti RTG termasuk kategori fasilitas pelayanan banyak server (dilambangkan m).

Pelayanan RTG berupa waktu siklus yaitu waktu yang dibutuhkan oleh RTG untuk mengangkat peti kemas membawanya, meletakkannya dan kembali ke posisi siap mengangkat peti kemas semula. Sifat dari pelayanan ini bersifat teratur dan kontinyu mengikuti distribusi eksponensial (dilambangkan M).

Berdasarkan identifikasi-identifikasi tersebut dapat disimpulkan bahwa pelayanan RTG di lapangan penumpukan cenderung mengikuti model antrian ($M/M/m$: FCFS/ \sim/\sim).

3.4.2. Pembentukan Simulator untuk Model ($M/M/m$)

Ilustrasi model ($M/M/m$) atau dalam istilah simulasi dikenal sebagai *multiserver single station* (MCSS) tampak dalam Gambar 3.3.



Gambar 3.3. Model antrian banyak server pelayanan

Keterangan:

A_k = waktu saat individu ke- k masuk dalam sistem

B_k = waktu saat individu ke- k meninggalkan antrian

B_{ij} = waktu saat individu ke- i masuk server ke- j

D_{ij} = waktu keberangkatan individu ke- i dari server ke- j

AT_k = antar waktu kedatangan individu ke- $(k-1)$ dengan individu ke- k

ST_{ij} = lama pelayanan untuk individu ke- i pada server ke- j

WT_k = lama waktu menunggu di antrian oleh individu ke- k

IT_{ij} = lama waktu jeda server ke- j sebelum melayani individu ke- i

N = total individu yang masuk ke dalam sistem

M = total server

i adalah merujuk pada individu yang menuju atau berada di server

j adalah merujuk pada nomor server

k adalah merujuk pada individu yang masuk ke sistem

Dari arti simbol-simbol tersebut jelas bahwa total individu i sama dengan total individu k . Variabel-variabel dengan notasi satu huruf (A_k , B_k , B_{ij} , dan D_{ij}) merupakan variabel yang memiliki satuan waktu dalam arti saat atau masa (jam:menit:detik). Sedangkan variabel-variabel yang diberi notasi huruf dobel (AT_k , ST_{ij} , WT_k , dan IT_{ij}) memiliki satuan lama waktu yang dibutuhkan (jam atau menit atau detik) dan memenuhi syarat,

$$AT_k, ST_{ij}, WT_k, \text{ dan } IT_{ij} \geq 0$$

Selanjutnya langkah-langkah perhitungan simulasi dilakukan melalui 3 kondisi yang mungkin terjadi.

a. Kondisi awal

Untuk individu ke-1 sampai ke- m (m adalah jumlah server) maka berlaku nilai-nilai berikut:

Waktu kedatangan individu ke- k dihitung,

$$A_k = A_{k-1} + AT_k \dots\dots\dots (3.1)$$

Waktu individu ke- k meninggalkan antrian dinyatakan,

$$B_k = AT_k + WT_k \dots\dots\dots (3.2)$$

Setiap individu akan memasuki server segera setelah meninggalkan antrian, karenanya

$$B_{ij} = B_k \dots\dots\dots (3.3)$$

Setiap individu akan meninggalkan server setelah dilayani, maka

$$D_{ij} = D_{i-1j} + IT_{ij} + ST_{ij} \dots\dots\dots (3.4)$$

Waktu saat individu ke- k terakhir meninggalkan server untuk setiap server adalah

$$LD_j = \text{Max}_i \{D_{i,j}\} \dots\dots\dots (3.5)$$

Dan hubungan antara IT_{ij} dan WT_k adalah

$$(IT_{ij})(WT_k) = 0 \dots\dots\dots (3.6)$$

Selanjutnya untuk individu ke- $(k=m+1, m+2, \dots, N)$, LD_j kemudian di update

$$LD_{j^*} = \text{Min}_j \{LD_j\} \dots\dots\dots (3.7)$$

(j^* merujuk pada server yang kosong pertama kali diantara server yang lain).

Antrian terjadi jika nilai $A_k < LD_j$, maka

$$\begin{aligned} B_k &= B_{ij^*} = LD_{j^*} \\ WT_k &= B_k - A_k \text{ (dari persamaan 3.2)} \\ D_{ij^*} &= B_{i-1j^*} + ST_{ij^*} \dots\dots\dots (3.8) \end{aligned}$$

$$IT_{ij^*} = 0 \dots\dots\dots (3.9)$$

Lalu nilai LD_j diupdate

$$LD_{j^*} = D_{ij^*}$$

Jika nilai $A_k \geq LD_j$, berarti minimal 1 server sedang kosong (idle). Jika jumlah server yang kosong hanya satu, maka individu akan langsung memasuki server yang kosong tersebut, karenanya

$$B_k = B_{i,j} = A_k$$

$$W_{Tk} = 0 \dots\dots\dots (3.10)$$

$$D_{i,j} = B_{i-1,j} + ST_{i,j} \dots\dots\dots (3.11)$$

$$IT_{i,j} = B_{i,j} - D_{i-1,j} \text{ (dari persamaan 3.4)}$$

Lalu LD_j diupdate

$$LD_j = D_{i,j}$$

Akhirnya jika kondisi server kosong lebih dari satu, maka individu akan memasuki server secara random. Misalnya subskrip j^{**} menunjukkan nomor server yang dipilih individu ke- i maka

$$B_k = B_{i,j^{**}} = A_k$$

$$W_{Tk} = 0 \dots\dots\dots (3.12)$$

$$D_{i,j^{**}} = B_{i-1,j^{**}} + ST_{i,j^{**}} \dots\dots\dots (3.13)$$

$$IT_{i,j^{**}} = B_{i,j^{**}} - D_{i-1,j^{**}} \text{ (dari persamaan 3.4)}$$

Lalu LD_j diupdate

$$LD_{j^{**}} = D_{i,j^{**}}$$

Untuk lebih jelasnya prosedur simulasi untuk kasus antrian dapat dilihat pada diagram alir Gambar 3.4.

3.4.3. Kehandalan dan Keterbatasan Metode Simulasi.

Metode simulasi merupakan metode yang cukup luas digunakan dalam berbagai disiplin ilmu termasuk dalam ilmu system transportasi, dan dikenal mempunyai beberapa kehandalan disamping juga mempunyai keterbatasan.

Kehandalan/kelebihan metode simulasi adalah :

1. Memiliki fleksibilitas yang tinggi.

Pada umumnya simulator dibentuk untuk menggunakan suatu system dalam berbagai kemungkinan karakteristik, maka penerapan simulasi bisa sangat fleksibel terhadap berbagai permasalahan yang muncul.

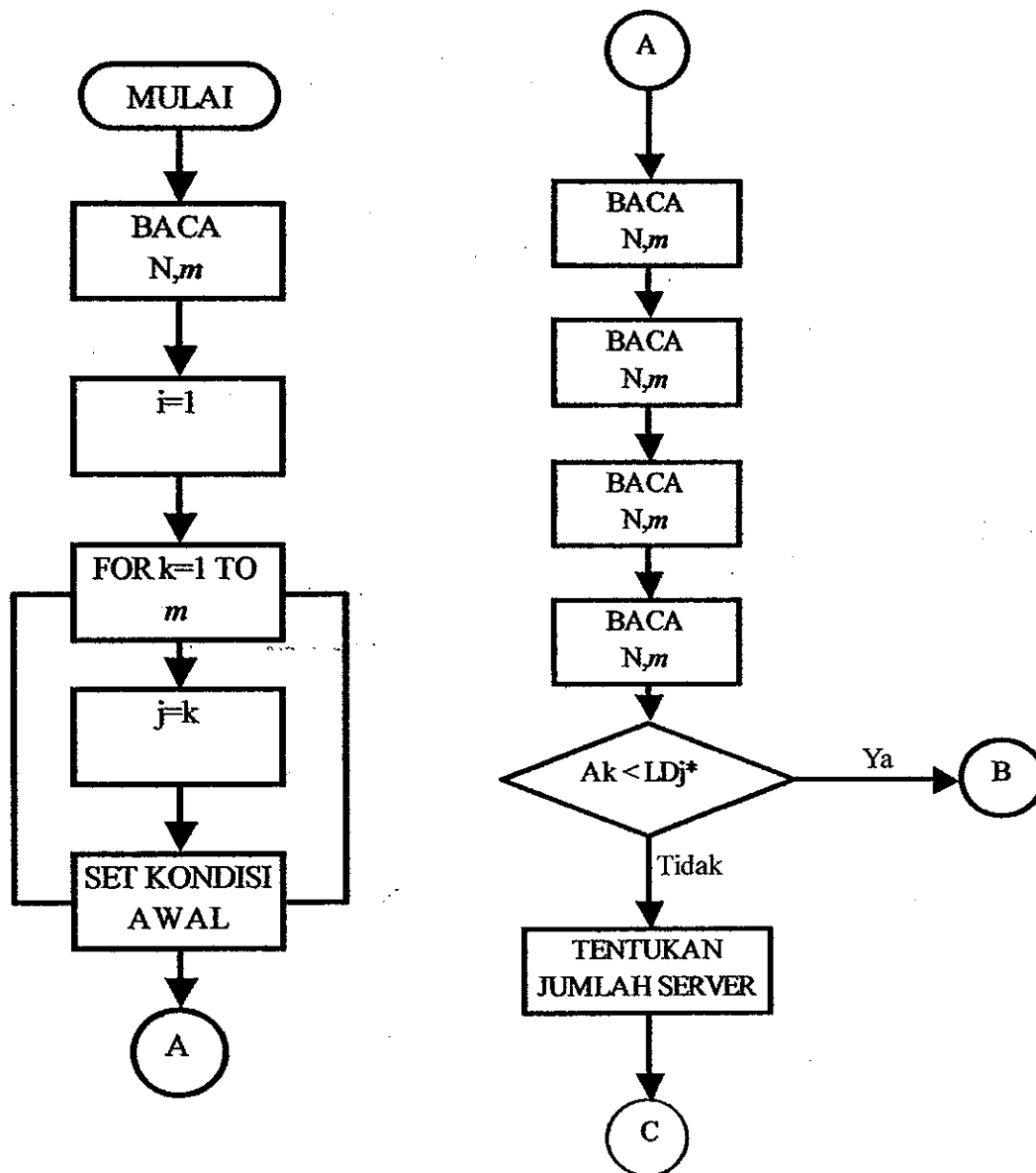
2. Dikenal mudah dan efisien jika dibantu dengan teknologi

Pada umumnya simulasi merupakan metode yang mencakup proses yang berulang dengan input yang berskala besar, maka bantuan komputer merupakan sesuatu yang sangat mungkin. Dengan komputer, simulasi menjadi mudah karena sifat algoritma-nya sejalan dengan algoritma komputer.

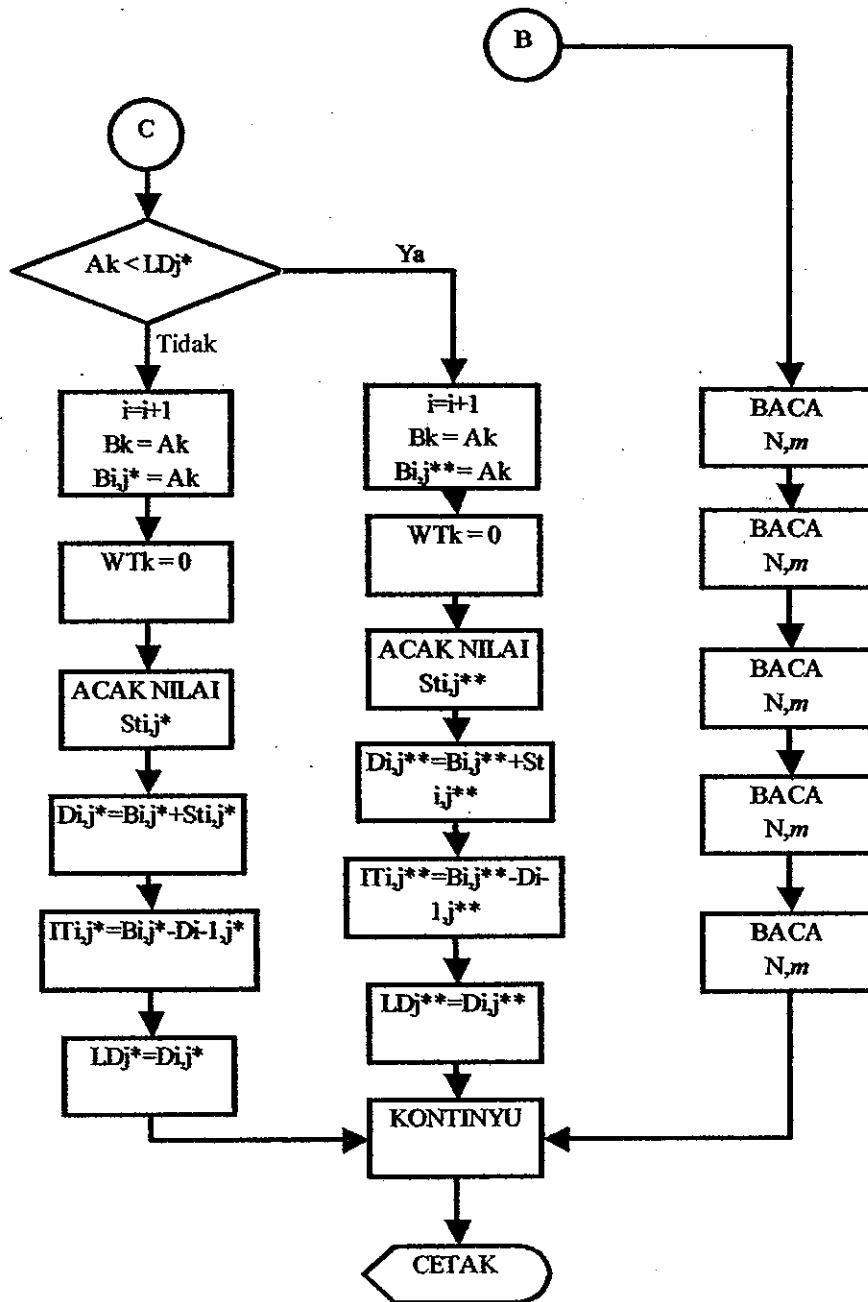
3. Dikenal lebih realistis terhadap sistem nyata atau lebih mewakili sistem nyata, karena memerlukan asumsi yang lebih sedikit.
4. Dalam beberapa hal, simulasi pada umumnya lebih murah dari pada percobaan sendiri.
5. Untuk sejumlah proses dimensi, simulasi memberikan penyelidikan yang langsung dan terperinci dalam periode waktu khusus.
6. Simulasi dapat digunakan untuk pendidikan.

Keterbatasan/kelemahan metode simulasi adalah :

1. Simulasi bukanlah presisi, simulasi tidak menghasilkan jawaban, tetapi model simulasi menghasilkan cara untuk menilai jawaban, termasuk jawaban optimal.
2. Tidak semua situasi dapat dinilai melalui simulasi, kecuali situasi yang memuat ketidak pastian.
3. Tidak efisien untuk persoalan yang sederhana.
4. Proses validasi modelnya kadang-kadang sulit dilaksanakan.



Gambar 3.4. Diagram alir prosedur simulasi antrian



Gambar 3.4. Diagram alir prosedur simulasi antrian (*lanjutan*)

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

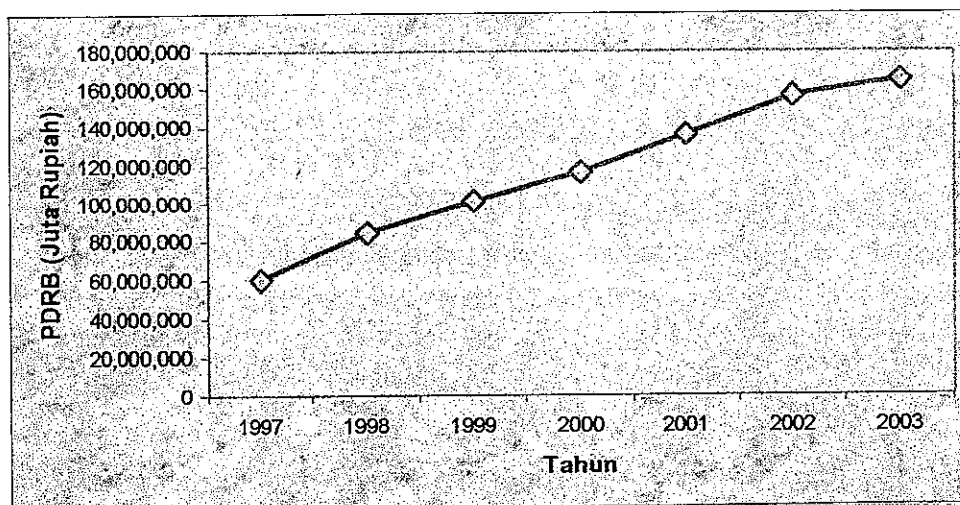
4.1. Peramalan PDRB Jawa Tengah

Arus ekspor/muat dan impor/bongkar atau arus perdagangan peti kemas pada dasarnya dipengaruhi oleh faktor ekonomi suatu wilayah. Logikanya bahwa semakin tinggi tingkat PDRB suatu wilayah akan secara positif memiliki pengaruh terhadap pertumbuhan nilai atau volume ekspor/muat dan impor/bongkar wilayah tersebut. Dan berlaku juga sebaliknya semakin rendah nilai PDRB suatu wilayah maka semakin kecil pula kemampuan ekspor/muat maupun impor/bongkar wilayah tersebut.

Tabel 4.1. Perkembangan PDRB Jawa Tengah tahun 1997-2003

Tahun	PDRB (Juta Rupiah)
1997	60.296.427
1998	84.610.223
1999	101.509.194
2000	116.404.885
2001	136.131.480
2002	156.418.301
2003	164.888.345

Sumber: BPS Jawa Tengah



Gambar 4.1. Perkembangan PDRB Jawa Tengah tahun 1997-2003

Karenanya peramalan nilai ekspor/muat maupun impor/bongkar peti kemas logikanya harus menyertakan faktor pertumbuhan PDRB suatu wilayah. Untuk kasus arus ekspor/muat impor/bongkar peti kemas di Tanjung Emas, akan dikaitkan dengan pertumbuhan PDRB Jawa Tengah secara keseluruhan.

Data eksisting pertumbuhan PDRB Jawa Tengah seperti terlihat dalam Tabel 4.1. untuk memprediksi pertumbuhan PDRB Jawa Tengah tahun-tahun mendatang, akan digunakan metode *time series* dan metode regresi.

a. Peramalan dengan metode *time series*

Dalam pendekatan peramalan dengan metode *time series*, hanya dibutuhkan satu variabel yaitu variabel PDRB dan data yang dibutuhkan adalah data tentang perkembangan PDRB Jawa Tengah dari tahun-tahun sebelumnya (sekitar 7 tahun sebelumnya) sebagaimana dicantumkan dalam Tabel 4.1.

Besar PDRB tahun mendatang dihitung dengan menggunakan persamaan (2.1) atau ditulis ulang ($P = P_0 (1 + i)^n$). Perhitungan dimulai dengan menghitung faktor pertumbuhan rata-rata per tahun,

$$\begin{aligned}
 i &= \frac{84.610.223 - 60.296.427}{60.296.427} + \frac{101.509.194 - 84.610.223}{84.610.223} + \\
 &\quad \frac{116.404.885 - 101.509.194}{101.509.194} + \frac{136.131.480 - 116.404.885}{116.404.885} + \\
 &\quad \frac{156.418.301 - 136.131.480}{136.131.480} + \frac{164.888.345 - 156.418.301}{156.418.301} \\
 &= 0,19 \sim 19 \%
 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan nilai i yang baru didapat selanjutnya dihitung nilai PDRB untuk tahun prediksi. Perhitungan dimulai untuk tahun 2004 sebagai berikut:

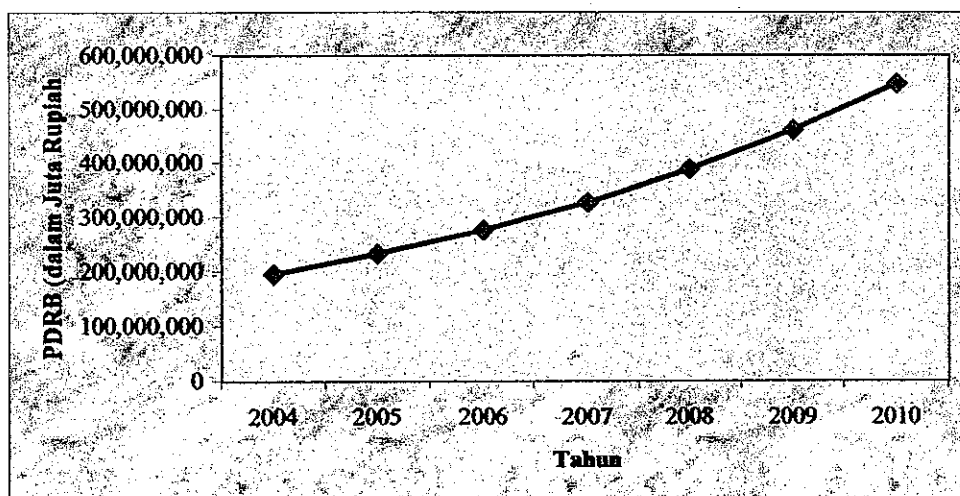
$$\begin{aligned}
 P_{2004} &= P_{2003} (1 + i)^n \\
 &= 164.888.345 (1 + 0,19)^1 \\
 &= 195.731.165 \text{ (dalam juta rupiah)}
 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, nilai-nilai PDRB untuk tahun-tahun mendatang dapat dihitung dan hasil selengkapnya ditampilkan dalam Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Hasil peramalan PDRB Jawa Tengah tahun 2004-2010 (metode *time series*)

Tahun	PDRB (Juta Rupiah)
2004	195.731.984
2005	232.345.165
2006	275.807.124
2007	327.398.978
2008	388.641.488
2009	461.339.882
2010	547.637.073

Sumber: Hasil perhitungan



Gambar 4.2. PDRB prediksi berdasarkan metode *time series* (2004-2010)

b. Peramalan dengan metode regresi

Untuk peramalan nilai PDRB dengan metode regresi dibutuhkan dua variabel yaitu yang dikenal dengan variabel bebas dan tak bebas. Dalam kasus peramalan PPDRB Jawa Tengah yang termasuk variabel bebas adalah tahun dan variabel tak bebasnya adalah nilai PDRB.

Ada banyak sekali model regresi yang dapat diujikan, namun untuk kasus penelitian ini akan diujikan 4 buah model yaitu linier, logaritmik, pangkat dan

eksponensial. Rumus matematis masing-masing mode sama seperti telah dijelaskan dalam persamaan (2.2), (2.5), (2.6), dan (2.7).

Perhitungan dimulai untuk regresi linier. Pertama-tama dihitung nilai kemiringan untuk garis regresi (b_1) sebagai berikut:

$$b_1 = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

Tabel 4.3. Perhitungan nilai koefisien kemiringan regresi linier (b_1)

No.	x	y	Xy	x ²
1	1	60.296.427	60.296.427	1
2	2	84.610.223	169.220.446	4
3	3	101.509.194	304.527.582	9
4	4	116.404.885	465.619.540	16
5	5	136.131.480	680.657.400	25
6	6	156.418.301	938.509.806	36
7	7	164.888.345	1.154.218.415	49
Σ	28	820.258.855	3.773.049.616	140

Sumber: Hasil perhitungan

$$\begin{aligned}
 b_1 &= \frac{7(3.773.049.616) - 28.820.258.855}{7(140) - 28^2} \\
 &= 17.571.935,57 \sim 1,76 \times 10^7
 \end{aligned}$$

Dan nilai intersep (b_0) dihitung,

$$\begin{aligned}
 b_0 &= \bar{Y} - b_1 \bar{X} \\
 &= 117.179.836 - 17.517.935,57 \times 4 \\
 &= 46.892.094,14 \sim 4,69 \times 10^7
 \end{aligned}$$

Jadi model regresi linier untuk PDRB Jawa Tengah adalah

$$Y = 5,89.10^7 \cdot X^{0,522} \dots\dots\dots (4.2)$$

Setelah model terpilih diperoleh selanjutnya dihitung prediksi PDRB untuk tahun-tahun yang akan datang dengan menggunakan model terpilih. Untuk tahun 2004 misalnya PDRB diprediksikan mencapai,

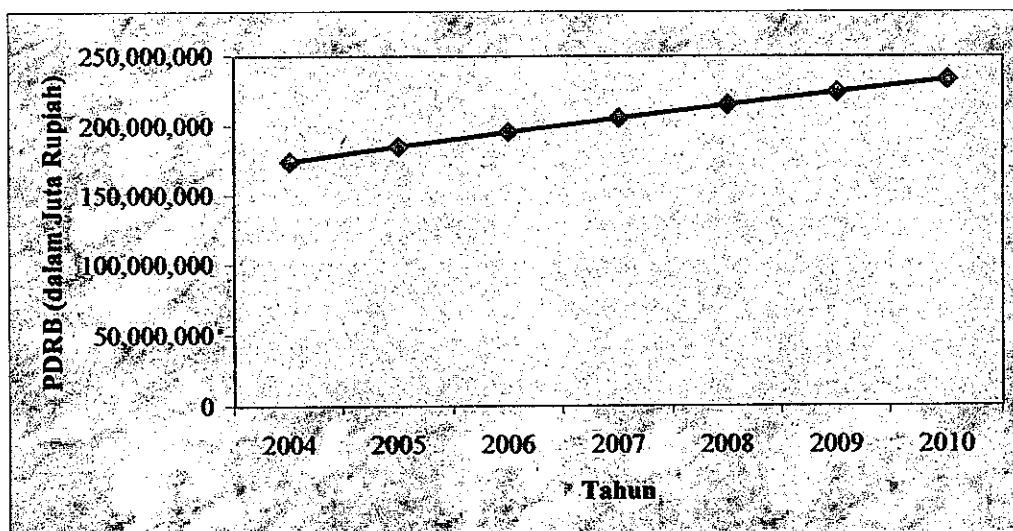
$$\begin{aligned} Y &= 5,89.10^7 \cdot (8)^{0,522} \\ &= 174.428.954 \text{ (dalam juta rupiah)} \end{aligned}$$

Hasil selengkapnya perhitungan peramalan PDRB Jawa Tengah sampai tahun 2010 dapat dilihat dalam Tabel 4.5.

Tabel 4.5. Hasil peramalan PDRB Jawa Tengah tahun 2004-2010 (metode regresi)

Tahun	PDRB prediksi (Juta Rupiah)
2004	174.428.954
2005	185.492.053
2006	195.981.598
2007	205.980.646
2008	215.553.869
2009	224.752.804
2010	233.619.313

Sumber: Hasil perhitungan



Gambar 4.3. PDRB hasil peramalan dengan metode regresi (2004-2010)

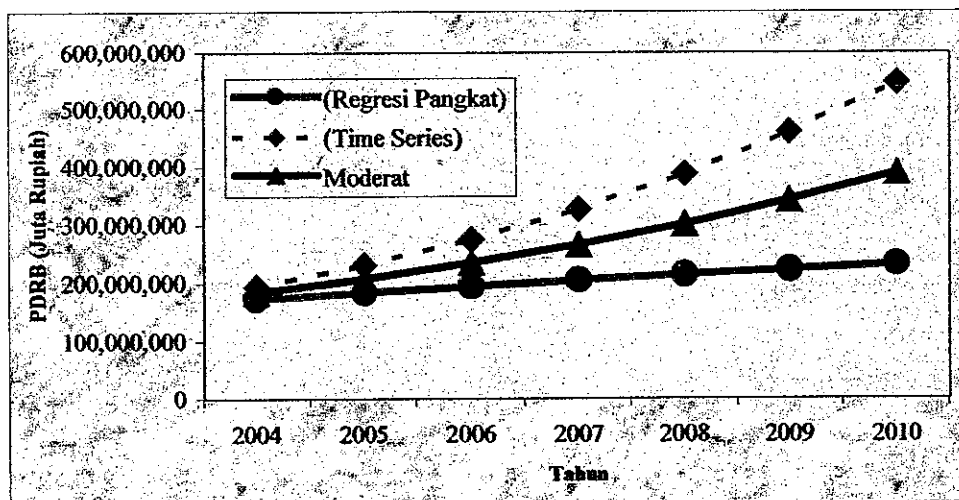
Dengan membandingkan hasil peramalan PDRB dalam tabel 4.2 dan Tabel 4.5 dapat diketahui bahwa prediksi PDRB dalam Tabel 4.2 rata-rata lebih tinggi dibanding prediksi PDRB dalam tabel 4.5. Hal ini mengindikasikan bahwa metode time series menghasilkan prediksi PDRB yang terlalu optimis, sementara metode regresi cenderung pesimis.

Perlu diambil nilai PDRB yang moderat yang besarnya merupakan pertengahan antara nilai PDRB hasil metode *time series* dengan PDRB hasil metode regresi. Nilai-nilai moderat PDRB didapat dengan cara membagi kedua kelompok nilai sehingga didapatkan nilai tengah. Hasil perhitungan untuk nilai PDRB moderat selengkapnya dicantumkan dalam Tabel 4.6.

Tabel 4.6. Hasil peramalan PDRB Jawa Tengah tahun 2004-2010 moderat

Tahun	PDRB prediksi (Juta Rupiah)
2004	185.080.469
2005	208.918.609
2006	235.894.361
2007	266.689.812
2008	302.097.679
2009	343.046.343
2010	390.628.193

Sumber: Hasil perhitungan



Gambar 4.4. Nilai PDRB Optimis (*time series*), Moderat dan Pesimis (regresi)

4.2. Peramalan Arus Peti Kemas di Pelabuhan Tanjung Emas

Arus peti kemas di dalam pelabuhan peti kemas Tanjung Emas Semarang dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu arus yang menuju pelabuhan (*inbound*) dan arus yang keluar pelabuhan (*out bound*). Arus peti kemas yang menuju pelabuhan pada dasarnya merupakan jumlah rata-rata impor/bongkar peti kemas Jawa Tengah. Sedangkan arus peti kemas yang keluar merupakan arus ekspor/muat Jawa Tengah. Karena itu dalam meramalkan besar arus peti kemas di pelabuhan Tanjung Emas Semarang, kedua jenis arus peti kemas ini akan dihitung secara terpisah.

4.2.1. Peramalan Jumlah Ekspor/muat Peti kemas

Data eksisting arus peti kemas untuk konsumsi ekspor/muat yang melalui pelabuhan Tanjung Emas Semarang dapat dilihat pada Tabel 4.7. Kecenderungan pertumbuhan ekspor/muat dari tahun ke tahun dapat dilihat pada Gambar 4.5.

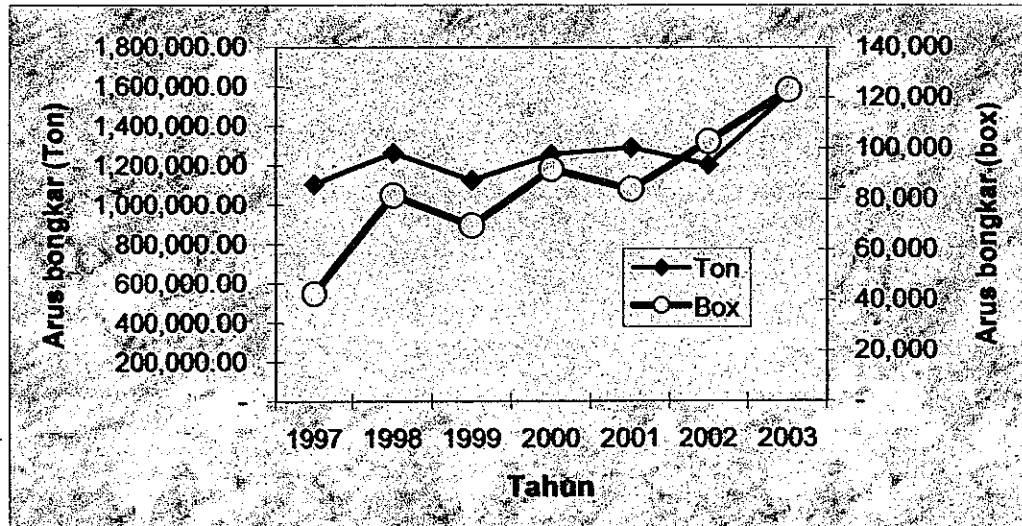
Tabel 4.7. Arus ekspor/muat peti kemas melalui Pelabuhan Tanjung Emas tahun 1997-2003

Tahun	Arus Ekspor/muat	
	(Ton)	Box
1997	1.107.535,00	42.804
1998	1.266.476,37	81.646
1999	1.126.405,58	69.798
2000	1.259.089,49	92.014
2001	1.291.374,30	84.137
2002	1.205.054,71	102.878
2003	1.566.571,00	123.134

Sumber: Pelindo III

Dengan melihat gambar 4.5 terlihat bahwa kecenderungan kenaikan arus peti kemas untuk ekspor/muat cenderung meningkat. Peningkatan volume ekspor/muat (dalam ton) lebih kecil dibandingkan dengan peningkatan ekspor/muat dalam ukuran Box jika melihat kenyataan bahwa kemiringan garis (*slope*) untuk box lebih landai dibandingkan kemiringan garis untuk ton. Namun nantinya, dalam perhitungan selanjutnya akan digunakan arus peti kemas dalam satuan Box (karena lebih sesuai untuk kasus antrian). Berdasarkan data eksisting perkembangan arus ekspor/muat peti kemas dalam Tabel (4.7),

selanjutnya perlu dilakukan peramalan arus peti kemas untuk tahun-tahun mendatang. Peramalan akan menggunakan dua metode yaitu metode *time series* dan regresi.



Gambar 4.5. Perkembangan arus peti kemas ekspor/muat di Pelabuhan Tanjung Emas

a. Metode *Time Series*

Dalam pendekatan peramalan dengan metode *time series*, hanya dibutuhkan satu variabel yaitu variabel jumlah muat peti kemas dan data yang dibutuhkan adalah data tentang perkembangan jumlah muat peti kemas dari tahun-tahun sebelumnya sebagaimana dicantumkan dalam Tabel 4.7.

Jumlah ekspor/muat peti kemas tahun mendatang dihitung dengan menggunakan persamaan (2.1) atau ditulis ulang ($P = P_0 (1 + i)^n$). Perhitungan dimulai dengan menghitung faktor pertumbuhan rata-rata per tahun,

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{81.646 - 42.804}{42.804} + \frac{69.798 - 81.646}{81.646} + \frac{92.014 - 69.798}{69.798} + \\
 &\quad \frac{84.137 - 92.014}{92.014} + \frac{102.878 - 84.137}{84.137} + \frac{123.134 - 102.878}{102.878} \\
 &= 0,07
 \end{aligned}$$

Dan arus peti kemas untuk tahun 2004 dihitung,

$$P_{2004} = P_{2003} (1 + i)^n$$

$$= 123.134 (1+0,07)^1$$

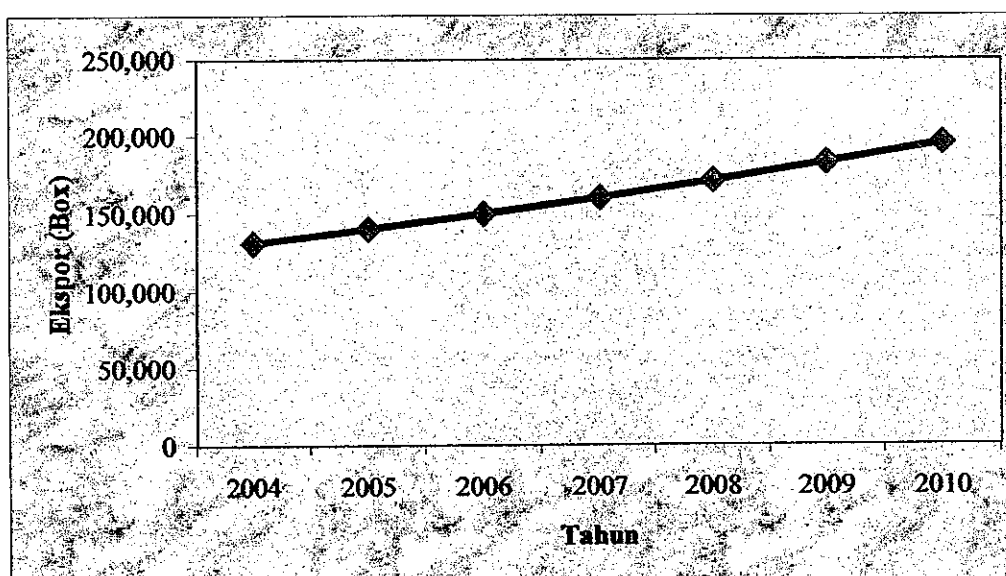
$$= 131.538 \text{ box}$$

Dengan cara yang sama dapat dihitung besar arus peti kemas untuk ekspor/muat tiap tahun sampai tahun 2010 mendatang dan hasil selengkapnya ditampilkan dalam Tabel 4.8.

Tabel 4.8. Hasil peramalan arus ekspor/muat peti kemas tahun 2004-2010
(metode time series)

Tahun	Arus Ekspor/muat Petikemas (Box)
2004	131.538
2005	140.515
2006	150.106
2007	160.350
2008	171.294
2009	182.985
2010	195.474

Sumber : Hasil perhitungan



Gambar 4.6. Hasil peramalan jumlah ekspor/muat peti kemas dengan metode *time series* tahun 2004 - 2010

b. Metode Regresi

Untuk pendekatan dengan metode regresi, sebagai variabel tak bebasnya adalah arus ekspor/muat peti kemas. Sedangkan untuk kandidat variabel bebasnya adalah data PDRB Jawa Tengah sebagaimana tercantum dalam Tabel 4.1.

Sebagai kandidat model yang akan diujikan ada 4 (empat) yaitu model linier, pangkat, logaritmik dan eksponensial. Rumusan matematik untuk keempat model tersebut dinyatakan dalam persamaan (2.2), (2.5), (2.6), dan (2.7).

Sebagaimana pada perhitungan model regresi untuk data PDRB Jawa Tengah, perhitungan model regresi untuk arus ekspor/muat peti kemas ini ditempuh dengan cara yang sama. Pertama-tama dihitung parameter-parameter model (b_0 dan b_1) untuk tiap persamaan model yang diujikan. Selanjutnya dihitung nilai determinasi (R^2) dari persamaan model yang didapat. Hasil dari perhitungan selengkapnya ditampilkan dalam Tabel 4.9.

Tabel 4.9. Hasil perhitungan parameter model dan nilai determinasi

No.	Model	b_0	b_1	R^2
1.	Linier	1,47E+04	6,00E-04	0,8210
2.	Logaritmik	-1,00E+06	6,40E+04	0,8215
3.	Pangkat	1,04E-02	8,57E-01	0,8353
4.	Eksponensial	3,25E+04	8,00E-09	0,7890

Sumber: Hasil perhitungan

Diantara keempat model yang diujikan sebagaimana tercantum dalam Tabel 4.9 diketahui bahwa model pangkat mempunyai nilai R^2 yang paling besar (0,8353) dibandingkan model yang lain. Dapat diartikan bahwa model pangkat mempunyai kedekatan yang paling baik dengan data empiris (arus ekspor/muat peti kemas). Dan model pangkat terpilih dinyatakan dalam persamaan (4.3).

$$y = 0,0104 \cdot X^{0,857} \dots\dots\dots (4.3)$$

Keterangan:

y : Arus ekspor/muat peti kemas (box/tahun)

x : PDRB Jawa Tengah (Juta Rupiah)

Dengan menggunakan persamaan (4.3) selanjutnya dapat dihitung prediksi arus peti kemas tahun-tahun mendatang sampai tahun 2010 berdasarkan nilai-nilai PDRB prediksi seperti tercantum dalam Tabel 4.6. Untuk tahun 2004 misalnya, didapat jumlah arus peti kemas ekspor/muat sebesar,

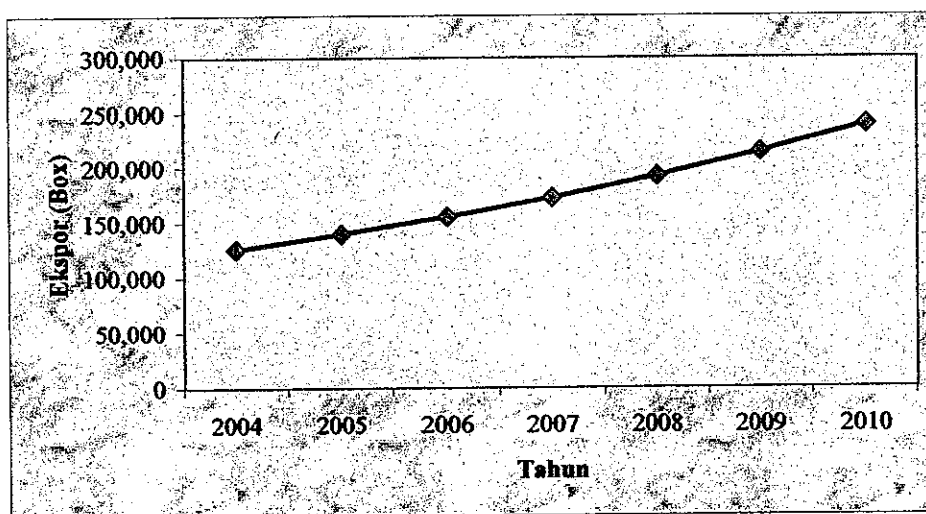
$$\begin{aligned} y &= 1,04.10^2 (185.080.469)^{0,857} \\ &= 120.254 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama dapat dihitung arus ekspor/muat peti kemas untuk tahun-tahun lainnya sampai tahun 2010 dan hasil selengkapnya dicantumkan dalam Tabel 4.10.

Tabel 4.10. Hasil peramalan arus ekspor/muat peti kemas tahun 2004-2010
(metode regresi)

Tahun	Arus ekspor (Box)
2004	126.521
2005	140.363
2006	155.759
2007	173.030
2008	192.539
2009	214.699
2010	239.980

Sumber: Hasil perhitungan



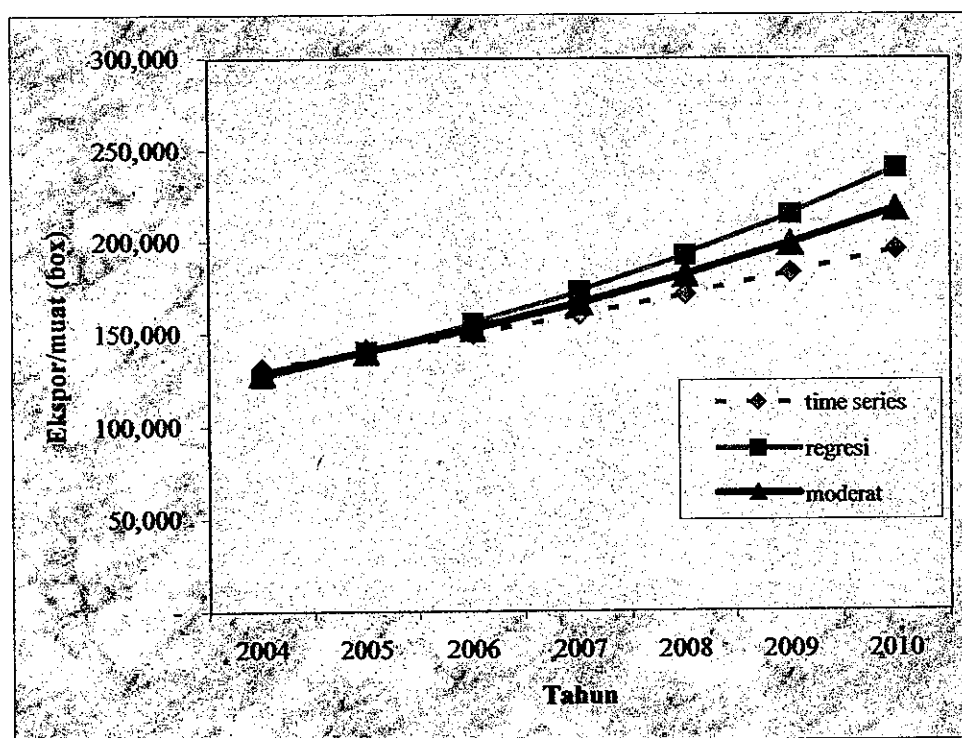
Gambar 4.7. Hasil peramalan ekspor peti kemas metode regresi tahun 2004-2010

Jika membandingkan hasil yang didapat dari peramalan arus ekspor/muat peti kemas antara metode *time series* dan regresi diketahui bahwa metode *time series* rata-rata menyajikan hasil prediksi yang lebih rendah (pesimis), sedangkan metode regresi menyajikan hasil prediksi yang tinggi (optimis). Nilai moderat diantara keduanya didapat dengan cara mengambil nilai rata-rata antara keduanya. Hasil perhitungan untuk arus ekspor/muat peti kemas prediksi moderat ditampilkan dalam Tabel 4.11.

Tabel 4.11. Hasil peramalan arus ekspor/muat peti kemas tahun 2004-2010 (moderat)

Tahun	Arus Peti Kemas (Box)
2004	129.029
2005	140.439
2006	152.932
2007	166.690
2008	181.917
2009	198.842
2010	217.727

Sumber: Hasil perhitungan



Gambar 4.8. Nilai arus ekspor/muat peti kemas optimis (regresi) moderat dan pesimis (*time series*)

4.2.2 Peramalan Arus Impor/bongkar Peti kemas

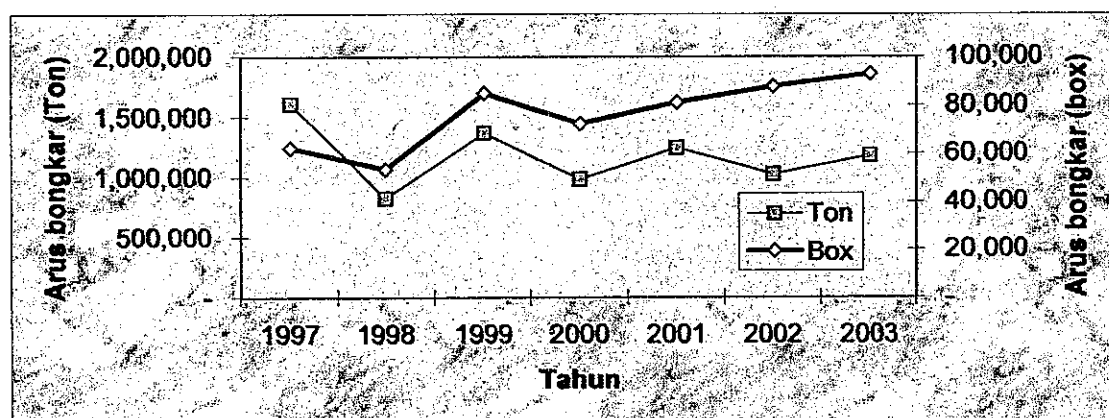
Arus impor/bongkar peti kemas di pelabuhan Tanjung Emas Semarang merupakan representasi dari arus peti kemas yang masuk ke pelabuhan Tanjung Emas. Artinya arus impor/bongkar adalah arus peti kemas yang dibongkar di pelabuhan peti kemas dari kapal yang datang. Dan kapal akan memuat peti kemas kembali keluar pelabuhan dan disebut arus ekspor/muat. Jadi terlihat bahwa arus impor/bongkar merupakan resiprokal dari arus ekspor/muat dalam operasional di pelabuhan peti kemas.

Data perkembangan arus impor/bongkar peti kemas dari tahun ke tahun di pelabuhan Tanjung Emas dapat dilihat pada Tabel 4.12. Sedangkan untuk melihat kecenderungan pertumbuhan ini dapat dilihat pada Gambar 4.9.

Tabel 4.12. Perkembangan arus impor/bongkar peti kemas di Pelabuhan Tanjung Semarang tahun 1997-2003

Tahun	Arus Impor/bongkar	
	Ton	Box
1997	1.613.250,00	62.348
1998	831.638,90	53.614
1999	1.372.784,55	85.066
2000	990.465,34	72.383
2001	1.248.004,13	81.311
2002	1.029.595,96	87.899
2003	1.184.035,00	93.066

Sumber: Pelindo III.



Gambar 4.9. Perkembangan arus peti kemas impor/bongkar di Pelabuhan Tanjung Emas

Sebagaimana peramalan untuk mengetahui prediksi arus ekspor/muat peti kemas mendatang, peramalan arus impor/bongkar peti kemas juga menggunakan dua metode yaitu metode *time series* dan metode regresi.

a. Metode *time series*

Sebagai variabel yang dipertimbangkan dalam metode *time series* adalah arus impor/bongkar peti kemas. Perhitungan arus impor/bongkar peti kemas dengan metode *time series* menggunakan persamaan (2.1) atau ditulis ulang ($P = P_0 (1 + i)^n$). P_0 adalah tahun basis atau tahun dasar (diambil tahun 2003) dan P adalah tahun rencana. Untuk menghitung arus impor/bongkar tahun 2004, misalnya, pertama-tama dihitung faktor pertumbuhan (i) berdasarkan data Tabel 4.12,

$$\begin{aligned}
 I &= 1/6. \left\{ \frac{53.614 - 62.348}{62.348} + \frac{85.066 - 53.614}{53.614} + \frac{72.383 - 85.066}{85.066} + \right. \\
 &\quad \left. \frac{81.311 - 72.383}{72.383} + \frac{87.899 - 81.311}{81.311} + \frac{93.066 - 87.899}{87.899} \right\} \\
 &= 0,09
 \end{aligned}$$

Dan arus impor/bongkar peti kemas untuk tahun 2004 dihitung,

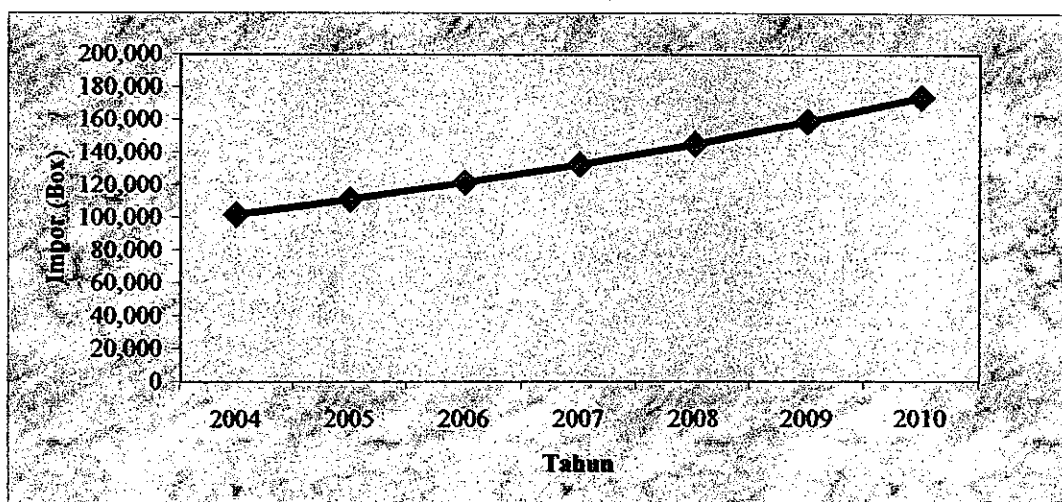
$$\begin{aligned}
 P_{2004} &= P_{2003} (1 + i)^n \\
 &= 93.066 (1 + 0,09)^1 \\
 &= 101.762 \text{ box}
 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama arus impor/bongkar peti kemas di pelabuhan Tanjung Emas Semarang untuk tahun-tahun mendatang sampai tahun 2010 dapat dihitung dan hasil selengkapnya ditampilkan dalam Tabel 4.13.

Tabel 4.13. Hasil peramalan arus impor/bongkar peti kemas tahun 2004-2010 (*time series*)

Tahun	Arus Impor/bongkar Peti Kemas (Box)
2004	101.762
2005	111.270
2006	121.666
2007	133.034
2008	145.464
2009	159.055
2010	173.916

Sumber: Hasil perhitungan



Gambar 4.10. Hasil peramalan impor/bongkar peti kemas tahun 2004-2010 (*time series*)

b. Metode regresi

Untuk variabel tak bebas dalam metode regresi kali ini adalah arus impor/bongkar peti kemas pelabuhan Tanjung Emas. Sedangkan sebagai kandidat variabel bebas-nya adalah PDRB Jawa Tengah.

Sebagaimana perhitungan metode regresi untuk arus ekspor/muat, akan diujikan 4 (empat) model regresi yaitu model linier, model logaritmik, model pangkat, dan model eksponensial.

Perhitungan dimulai dengan menghitung nilai parameter model (intersep b_0 dan koefisien kemiringan b_1). Selanjutnya dihitung nilai determinasi R^2 yang merupakan nilai kedekatan antara model dengan data empiris. Untuk kasus nilai impor/bongkar peti kemas, hasil lengkap perhitungan model-nya ditampilkan dalam Tabel 4.14.

Tabel 4.14. Hasil perhitungan parameter model dan nilai determinasi

No.	Model	b_0	b_1	R^2
1.	Linier	39.587	0,0003	0,6976
2.	Logaritmik	-531.332	32.808	0,6693
3.	Pangkat	18,15	0,4496	0,6447
4.	Eksponensial	45.438	4,E-09	0,6680

Sumber: Hasil perhitungan.

Dari Tabel 4.14 diketahui bahwa model linier mempunyai nilai R^2 yang paling tinggi (0,6976) dibandingkan dengan model-model lainnya. Artinya bahwa model linier memiliki kedekatan yang paling baik dengan model empiris dan dipilih sebagai model untuk menghitung peramalan arus impor/bongkar peti kemas. Model linier untuk arus impor/bongkar peti kemas dapat ditulis,

$$Y = 39.587 + 0,0003 X \dots\dots\dots (4.4)$$

Keterangan:

y : Arus impor/bongkar(box/tahun)

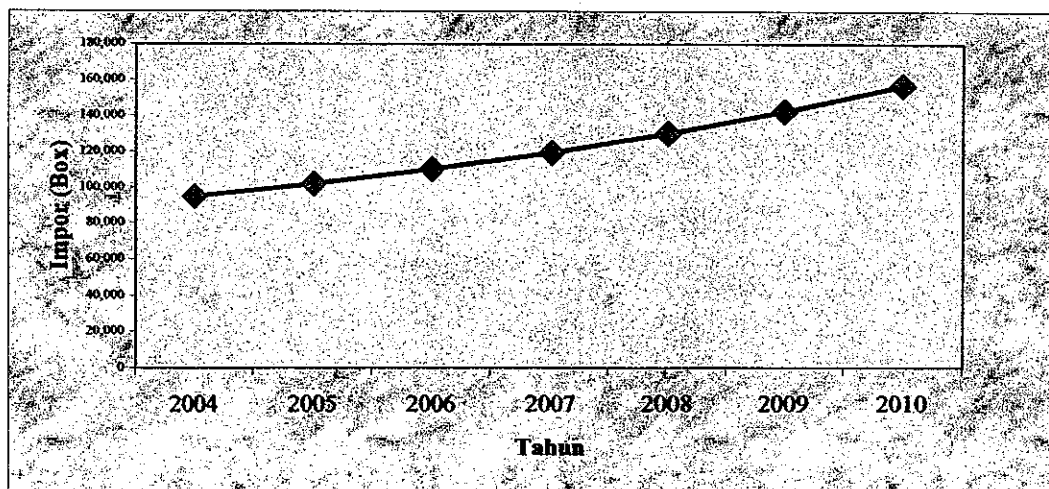
x : PDRB Jawa Tengah (Juta Rupiah)

Dengan menggunakan persamaan (4.4) dan berdasarkan Tabel 4.6 selanjutnya dapat dihitung prediksi nilai impor/bongkar peti kemas sampai tahun 2010 mendatang. Hasil selengkapnya hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15. Hasil peramalan arus impor/bongkar peti kemas tahun 2004-2010 (metode regresi)

Tahun	Arus Impor/bongkar Peti Kemas (Box)
2004	95.111
2005	102.263
2006	110.355
2007	119.594
2008	130.216
2009	142.501
2010	156.775

Sumber: Hasil perhitungan



Gambar 4.11. Hasil peramalan arus impor/bongkar peti kemas tahun 2004-2010 (metode regresi)

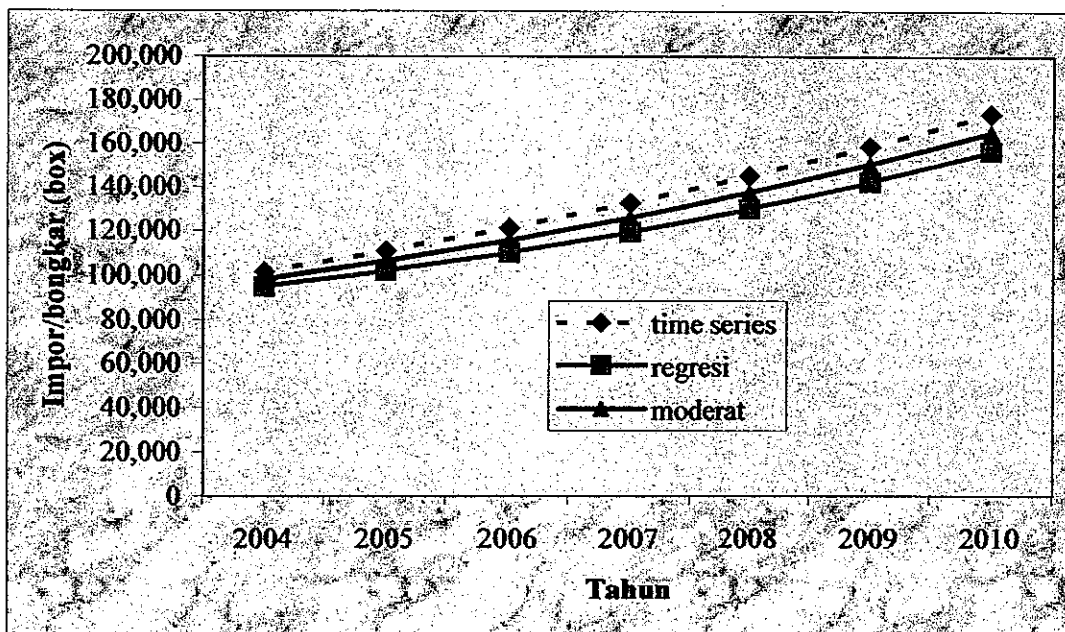
Dengan membandingkan nilai impor/bongkar peti kemas pada Tabel 4.15 dengan Tabel 4.13 diketahui bahwa nilai-nilai dalam Tabel 4.13 lebih rata-rata lebih tinggi dibandingkan dengan nilai-nilai dalam Tabel 4.15. artinya bahwa metode *time series* menghasilkan nilai prediksi yang terlalu optimis sedangkan metode regresi terlalu pesimis.

Nilai moderat dari kedua kelompok nilai tersebut dapat didapatkan dengan mengambil nilai rata-rata antara keduanya. Tabel 4.16 menyajikan hasil perhitungan nilai impor/bongkar peti kemas moderat.

Tabel 4.16. Hasil peramalan arus impor/bongkar peti kemas tahun 2004-2010 (moderat)

Tahun	Arus Impor/bongkar Peti Kemas (Box)
2004	98.436
2005	106.766
2006	116.011
2007	126.314
2008	137.840
2009	150.778
2010	165.346

Sumber: Hasil perhitungan



Gambar 4.12. Nilai arus impor/bongkar peti kemas optimis (regresi), moderat dan pesimis (*time series*)

4.3. Simulasi Antrian Fasilitas *Rubber Tired Gantry* (RTG)

4.3.1 Parameter-Parameter Input Simulasi

Sebelum dilakukan simulasi antrian untuk kasus lapangan penumpukan peti kemas akan dipersiapkan hal-hal yang berkaitan dengan antrian yaitu tingkat kedatangan rata-rata, waktu antar kedatangan, tingkat keberangkatan rata-rata, dan waktu pelayanan rata-rata.

a. Tingkat kedatangan rata-rata (λ)

Ada dua jenis tingkat kedatangan rata-rata dalam penelitian ini yaitu tingkat kedatangan rata-rata ekspor/muat peti kemas (λ_e) dan tingkat kedatangan rata-rata impor/bongkar peti kemas (λ_i).

b. Tingkat kedatangan rata-rata ekspor/muat peti kemas (λ_e)

Umumnya waktu kedatangan rata-rata suatu sistem dinyatakan dalam unit/jam. Karenanya untuk mendapatkan tingkat kedatangan rata-rata ekspor/muat peti kemas, Tabel 4.11 perlu dimodifikasi dalam satuan Box/jam. Modifikasi dilakukan dengan mengalikan arus ekspor/muat peti kemas per tahun dengan suatu faktor pengali atau dirumuskan sebagai berikut:

$$Td_{(box/jam)} = Td_{(box/tahun)} \times f_h \times f_j$$

$$F_h = \frac{Td_{(box / hari)}}{Td_{(box / tahun)}}$$

$$F_i = \frac{Td_{(box / jam)}}{Td_{(box / hari)}}$$

Keterangan:

$Td_{(box/jam)}$: tingkat kedatangan jam-jam-an (box/jam)

$Td_{(box/tahun)}$: tingkat kedatangan tahunan (box/tahun)

$Td_{(box/hari)}$: tingkat kedatangan harian (box/hari)

F_h : faktor pengali harian

F_j : faktor pengali jam-jam-an

Data kedatangan harian ekspor/muat peti kemas dapat dilihat pada lampiran. Sedangkan karakteristik data kedatangan harian peti kemas dirangkum dalam Tabel 4.17.

Tabel 4.17. Karakteristik data harian ekspor/muat peti kemas (2003)

<i>Parameter</i>	<i>Nilai</i>
Rata-rata (box/hari)	129
Median (box/hari)	114,5
Modus (box/hari)	73
Standard Deviasi (box/hari)	84,4
Minimum (box/hari)	13
Maksimum (box/hari)	361

Sumber: Hasil pengolahan data

Dengan menggunakan rata-rata ekspor/muat peti kemas harian pada Tabel 4.17 dan data ekspor/muat peti kemas tahun 2003 (Tabel 4.7), dapat dihitung faktor pengali harian (f_h),

$$\begin{aligned} F_h &= 129/217.727 \\ &= 0,0010475 \end{aligned}$$

Untuk menghitung nilai faktor pengali jam-jam-an (f_i), dibutuhkan nilai rata-rata muat peti kemas per jam yang didapatkan dari data yang ada pada lampiran atau karakteristiknya ditampilkan dalam Tabel 4.18.

Tabel 4.18. Karakteristik data jam-jam-an ekspor/muat peti kemas (2003)

<i>Parameter</i>	<i>Nilai</i>
Rata-rata (box/jam)	21,8
Median (box/jam)	19,4
Modus (box/jam)	19,5
Standard Deviasi (box/jam)	13,8
Minimum (box/jam)	3,9
Maksimum (box/jam)	102,4

Sumber: Hasil pengolahan data

$$F_i = 21,8/129$$

$$= 0,17$$

Dengan menggunakan nilai faktor pengali harian dan faktor pengali jam-jam-an, maka Tabel 4.11 dapat dimodifikasi dan hasil modifikasi selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.19.

$$Td(2004)_{(box/jam)} = Td(2004)_{(box/tahun)} \times f_h \times f_j$$

$$= 129.09 \times 0,0010475 \times 0,17$$

$$= 23 \text{ box/jam}$$

Tabel 4.19. Peramalan tingkat kedatangan rata-rata ekspor/muat peti kemas

Tahun	Arus Ekspor/muat Peti Kemas		
	Box/tahun	Box/hari	Box/jam
2004	129.029	135	23
2005	140.439	147	25
2006	152.932	160	27
2007	166.690	175	29
2008	181.917	191	32
2009	198.842	208	35
2010	217.727	228	38

Sumber: Hasil perhitungan

Tingkat kedatangan rata-rata impor/bongkar peti kemas (λ_i)

Sebagaimana tingkat kedatangan rata-rata ekspor/muat, tingkat kedatangan impor/bongkar juga dinyatakan dalam satuan yang sama yaitu unit/jam. Karenanya untuk mendapatkan tingkat kedatangan rata-rata impor/bongkar peti kemas, Tabel 4.16 perlu dimodifikasi dalam satuan Box/jam.

Sama halnya dengan ekspor/muat peti kemas, modifikasi untuk kasus impor/bongkar peti kemas juga membutuhkan faktor pengali harian (f_h) dan jam-jam-an (f_i).

Tabel 4.20. Karakteristik data harian impor/bongkar peti kemas (2003)

<i>Parameter</i>	<i>Nilai</i>
Rata-rata (box/hari)	128
Median (box/hari)	115,0
Modus (box/hari)	177
Standard Deviasi (box/hari)	81,8
Minimum (box/hari)	12
Maksimum (box/hari)	360

Sumber: Hasil pengolahan data

Dengan menggunakan rata-rata impor/bongkar peti kemas harian pada Tabel 4.20 dan data impor/bongkar peti kemas tahun 2003 (Tabel 4.12), dapat dihitung faktor pengali harian (f_h),

$$F_h = 128/165.346$$

$$= 0,0013729$$

Dan dengan menggunakan rata-rata impor/bongkar peti kemas jam-jam-an (Tabel 4.18) serta rata-rata impor/bongkar harian (Tabel 4.20) maka dapat dihitung faktor pengali jam-jam-an (f_i).

$$F_i = 21,8/128$$

$$= 0,17$$

Selanjutnya Tabel 4.16 dapat dimodifikasi dengan mengalikan faktor pengali harian (f_h) dan faktor pengali jam-jam-an (f_i) sehingga didapatkan hasil-hasil sebagaimana dalam Tabel 4.21.

Tabel 4.21. Peramalan tingkat kedatangan rata-rata impor/bongkar peti kemas

Tahun	Arus Impor/bongkar Peti Kemas		
	Box/tahun	Box/hari	Box/jam
2004	98.436	135	23
2005	106.766	147	25
2006	116.011	159	27
2007	126.314	173	30
2008	137.840	189	32
2009	150.778	207	35
2010	165.346	227	39

Sumber: Hasil perhitungan

b. Waktu pelayanan rata-rata (γ)

Waktu pelayanan dalam kasus ini didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan oleh sistem untuk melayani satu box peti kemas. Waktu ini adalah waktu yang diperlukan oleh *Rubber Tired Gantry* (RTG) dari mengangkat box peti kemas, mengangkatnya dan meletakkannya ke lapangan yard sampai kembali ke box berikutnya. Waktu ini disebut juga waktu siklus pelayanan (*cycle time*). Siklus waktu pelayanan RTG dibedakan antara saat bongkar dan saat muat. Umumnya waktu pelayanan dinyatakan dalam satuan jam atau menit atau detik. Hasil penelitian waktu pelayanan untuk *Rubber Tired Gantry* (RTG) ditampilkan dalam Tabel 4.22.

Tabel 4.22. Data pengamatan waktu pelayanan *Rubber Tired Gantry*

No.	Muat		Bongkar	
	(mm:dd)	(menit)	(mm:dd)	(menit)
1	10:18	10,30	09:42	9,69
2	11:07	11,11	10:13	10,21
3	10:16	10,26	09:57	9,95
4	11:13	11,22	09:42	9,71
5	10:49	10,82	11:40	11,67
6	09:05	9,09	09:42	9,70
7	09:45	9,75	09:51	9,85
8	11:59	11,98	11:37	11,61
9	11:00	10,99	10:24	10,41
10	11:42	11,70	11:08	11,14
11	11:49	11,81	10:29	10,48

No.	Muat		Bongkar	
	(mm:dd)	(menit)	(mm:dd)	(menit)
12	08:57	8,96	10:35	10,58
13	09:28	9,46	10:52	10,87
15	11:03	11,05	09:04	9,07
16	09:33	9,55	10:49	10,82
17	11:33	11,55	11:36	11,61
18	10:42	10,70	11:56	11,93
19	10:53	10,89	10:46	10,77
20	10:04	10,06	10:13	10,21
21	09:52	9,86	09:38	9,64
22	09:28	9,47	10:13	10,22
23	10:30	10,50	11:45	11,74
24	10:18	10,30	11:14	11,23
25	10:49	10,81	10:33	10,55
26	11:17	11,28	10:07	10,11
27	09:37	9,62	10:44	10,73
28	10:46	10,76	10:51	10,85
29	10:20	10,34	11:05	11,09
30	10:28	10,46	10:16	10,27
31	10:27	10,46	10:50	10,83
32	10:01	10,01	11:32	11,53
33	10:49	10,82	10:11	10,19
34	09:00	9,00	10:26	10,43
35	10:09	10,15	10:39	10,65
36	10:07	10,12	10:47	10,79
37	09:56	9,94	10:57	10,94
38	10:12	10,19	10:32	10,54
39	10:26	10,43	11:44	11,74
40	09:38	9,63	10:24	10,41
41	09:40	9,66	09:31	9,51
42	09:49	9,81	10:19	10,32
43	08:56	8,94	10:16	10,26
44	09:38	9,63	10:39	10,65
Rata-rata	10:33	10,55	10:29	10,48

Sumber: Hasil survei

Waktu siklus pelayanan rata-rata untuk *Rubber Tired Gantry* dapat dihitung sebagai berikut:

1. Waktu siklus muat

$$\begin{aligned}\gamma_m &= (10,91+10,99)/2 \\ &= 10,95 \text{ menit} \sim 10 \text{ menit } 57 \text{ detik}\end{aligned}$$

Dengan standard deviasi (S_d) sebesar

$$\begin{aligned}S_d &= \sqrt{\frac{n \sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}} \\ &= \sqrt{\frac{44(5.359,07) - 481,80}{44(44-1)}} \\ &= 1,39 \sim 1 \text{ menit } 24 \text{ detik}\end{aligned}$$

2. Waktu siklus bongkar

$$\begin{aligned}\gamma_b &= (11,49+11,88)/2 \\ &= 11,68 \text{ menit} \sim 11 \text{ menit } 41 \text{ detik}\end{aligned}$$

Dengan standard deviasi (S_d) sebesar

$$\begin{aligned}S_d &= \sqrt{\frac{44(6122,37) - 513,97}{44(44-1)}} \\ &= 1,66 \sim 1 \text{ menit } 40 \text{ detik}\end{aligned}$$

Sedangkan untuk melihat pola distribusi waktu pelayanan fasilitas RTG perlu dilakukan uji distribusi dan uji chi kuadrat. Model distribusi yang dipakai sebagai uji adalah distribusi eksponensial. Proses uji distribusi dan uji chi kuadrat ditampilkan dalam Tabel 4.23 untuk proses muat/ekspor dan Tabel 4.24 untuk proses bongkar/impor.

Tabel 4.23. Uji distribusi waktu pelayanan dengan model eksponensial dan uji chi kuadrat (untuk proses muat/ekspor)

Interval	Nilai Tengah	Frekuensi aktual	Probabilitas	Frekuensi prediksi	χ^2
9,03-10,42	9,68	24	0,589	26,8	0,292537313
10,42-11,17	10,79	14	0,271	12,3	0,23495935
11,17-11,92	11,54	6	0,109	4,8	0,3
11,92-12,68	12,29	1	0,031	1,1	0,009090909
		45		45	0,836587572

Sumber: Hasil perhitungan

Nilai chi kuadrat (χ^2) dari perhitungan Tabel 4.23 sebesar 0,84. dengan derajat kebebasan sebesar 3 dan tingkat kepercayaan 99 % didapat nilai chi tabel sebesar 10,2.

Syarat:

$$\chi^2 \text{ hitung} < \chi^2 \text{ tabel}$$

$$0,84 < 10,2 \text{ (benar: uji diterima)!}$$

Kesimpulannya bahwa pola distribusi waktu pelayanan proses muat/ekspor mengikuti model distribusi eksponensial.

Tabel 4.24. Uji distribusi waktu pelayanan dengan model eksponensial dan uji chi kuadrat (untuk proses muat/ekspor)

Interval	Nilai Tengah	Frekuensi aktual	Probabilitas	Frekuensi prediksi	χ^2
9,03-10,42	9,74	19	0,596	26,5	2,270149254
10,42-11,17	10,79	18	0,273	12,2	2,641463415
11,17-11,92	11,54	7	0,107	4,9	1,008333333
11,92-12,68	12,29	1	0,024	1,4	0,009090909
		45		45	5,929036911

Sumber: Hasil perhitungan

Nilai chi kuadrat (χ^2) dari perhitungan Tabel 4.24 sebesar 5,93. dengan derajat kebebasan sebesar 3 dan tingkat kepercayaan 99 % didapat nilai chi tabel sebesar 10,2.

Syarat:

$$\chi^2 \text{ hitung} < \chi^2 \text{ tabel}$$

$$5,93 < 10,2 \text{ (benar : uji diterima) !}$$

Kesimpulannya bahwa pola distribusi waktu pelayanan proses bongkar/impor mengikuti model distribusi eksponensial.

4.3.2. Simulasi Antrian Model (M/M/8)

Dalam skenario ini sistem pelayanan RTG bekerja secara berurutan artinya bahwa pelaksanaan kegiatan yang satu dilakukan setelah kegiatan yang lainnya selesai (kegiatan

muat akan dilakukan setelah kegiatan bongkar sepenuhnya selesai). Dengan demikian, semua fasilitas RTG (8 buah) akan melayani secara penuh dalam satu kegiatan dalam satu waktu. Karenanya sistem ini termasuk sistem antrian dengan fasilitas pelayanan banyak (*multi entry multi exit*).

Definisi sistem antrian di fasilitas RTG ini adalah M/M/G:FCFS/~/. Karakteristik dari sistem ini telah dijelaskan dalam bagian sebelumnya. Dalam kasus fasilitas RTG ini, nilai-nilai parameter dalam model M/M/G:FCFS/~/~ kali ini secara lengkap dirangkum dalam Tabel 4.25 untuk kegiatan muat dan Tabel 4.26 untuk kegiatan bongkar.

Tabel 4.25. Parameter-parameter input sistem arus muat peti kemas

Parameter Sistem	Nilai-Nilai Parameter						
Tahun	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Jumlah kedatangan (kend/jam)	23	25	27	29	32	35	38
Jumlah RTG (buah)	4	4	4	4	4	4	4
Interval Kedatangan rata-rata (menit)	2,61	2,40	2,22	2,07	1,88	1,71	1,58
Waktu Pelayanan rata-rata (menit)	10,95	10,95	10,95	10,95	10,95	10,95	10,95

Sumber: Hasil perhitungan

Tabel 4.26. Parameter-parameter input sistem arus bongkar peti kemas

Parameter Sistem	Nilai-Nilai Parameter						
Tahun	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Jumlah kedatangan (kend/jam)	23	25	27	29	32	35	39
Jumlah RTG (buah)	4	4	4	4	4	4	4
Interval Kedatangan rata-rata (menit)	2,61	2,40	2,22	2,07	1,88	1,71	1,58
Waktu Pelayanan rata-rata (menit)	11,68	11,68	11,68	11,68	11,68	11,68	11,68

Sumber: Hasil perhitungan

a. Simulasi kinerja fasilitas RTG untuk kegiatan muat peti kemas

Untuk kasus simulasi antrian di fasilitas RTG kegiatan muat dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

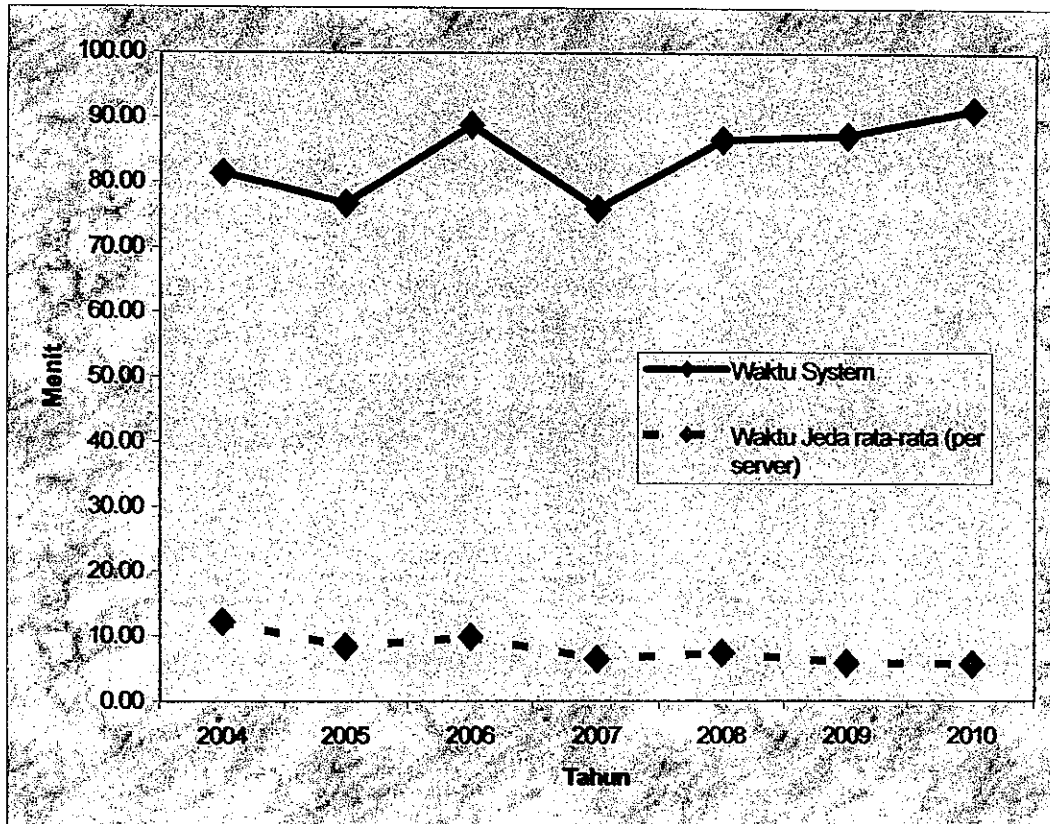
1. Pembentukan antar waktu kedatangan peti kemas untuk kegiatan muat dengan cara acak (random) berdasarkan nilai rata-rata interval kedatangan peti kemas untuk kegiatan muat pada Tabel 4.23
2. Pembentukan waktu pelayanan rata-rata fasilitas RTG dengan cara acak (random) berdasarkan nilai rata-rata pelayanan RTG untuk kegiatan muat seperti dalam Tabel 4.23.
3. Selanjutnya disimulasikan kinerja sistem dengan menggunakan prosedur seperti dalam Gambar 3.4
4. Selanjutnya dicatat indikator-indikator kinerja sistem seperti waktu tunggu rata-rata, waktu jeda rata-rata, waktu total sistem, dll.

Hasil simulasi untuk kegiatan muat mulai dari tahun 2004 sampai tahun 2010 selengkapnya ditampilkan dalam Tabel 4.27.

Tabel 4.27. Kinerja sistem hasil simulasi antrian untuk muat ekspor/muat

Parameter	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Jumlah kedatangan (Box/jam)	23	25	27	29	32	35	39
Jumlah Fasilitas (8 buah RTG)	8	8	8	8	8	8	8
Interval Kedatangan rata-rata (menit)	3,13	2,64	2,81	2,28	2,28	2,11	2,05
Waktu Pelayanan rata-rata (menit)	10,40	10,35	10,11	10,24	10,67	10,63	10,65
Waktu Tunggu rata-rata (menit)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,04	0,29
Waktu Jeda total (menit)	160,97	167,57	169,60	173,76	176,31	178,17	154,54
Waktu di Sistem (menit)	81,43	76,74	88,89	76,01	86,60	87,30	91,33
Waktu Jeda rata-rata (per RTG)	12,27	8,42	9,90	6,52	7,44	5,84	5,67
Jumlah server sibuk (RTG)	0	0	0	0	1	1	1

Sumber: Hasil perhitungan



Gambar 4.13. Perubahan kinerja sistem dari tahun 2004-2010 untuk kegiatan muat

b. Simulasi kinerja fasilitas RTG untuk kegiatan bongkar peti kemas

Sama halnya seperti simulasi kegiatan muat peti kemas, untuk kasus simulasi antrian di fasilitas RTG kegiatan bongkar mengikuti tahapan sebagai berikut:

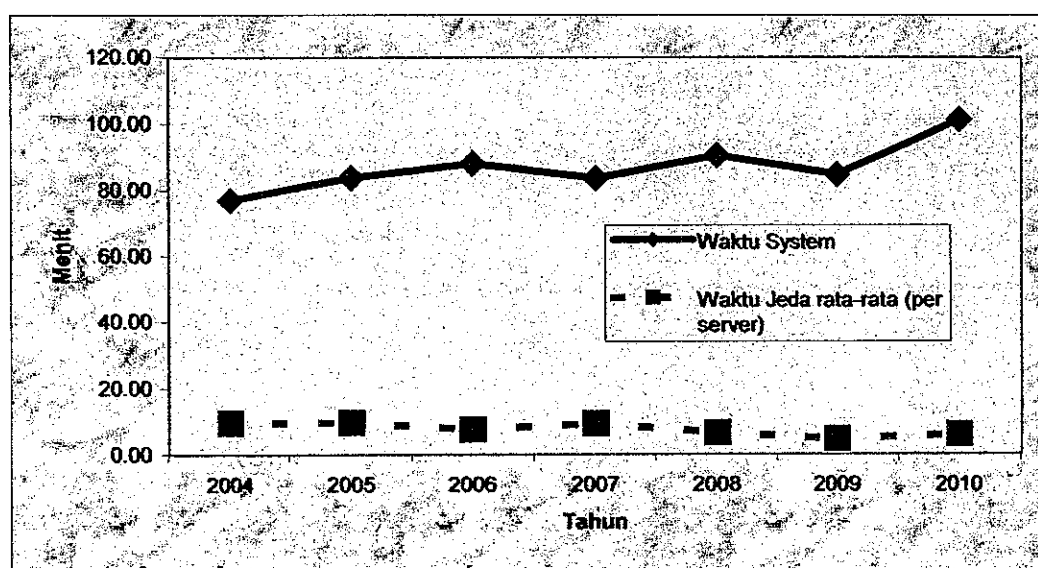
1. Pembentukan antar waktu kedatangan peti kemas untuk kegiatan bongkar dengan cara acak (random) berdasarkan nilai rata-rata interval kedatangan peti kemas untuk kegiatan bongkar pada Tabel 4.26
2. Pembentukan waktu pelayanan rata-rata fasilitas RTG dengan cara acak (random) berdasarkan nilai rata-rata pelayanan RTG untuk kegiatan muat seperti dalam Tabel 4.26
3. Selanjutnya disimulasikan kinerja sistem dengan menggunakan prosedur seperti dalam Gambar 3.1
4. Selanjutnya dicatat indikator-indikator kinerja sistem seperti waktu tunggu rata-rata, waktu jeda rata-rata, waktu total sistem, dll.

Hasil simulasi untuk kegiatan bongkar mulai dari tahun 2004 sampai tahun 2010 selengkapanya ditampilkan dalam Tabel 4.28.

Tabel 4.28. Kinerja sistem hasil simulasi antrian untuk bongkar impor/bongkar

Parameter	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Jumlah kedatangan (Box/jam)	23	25	27	29	32	35	39
Jumlah Fasilitas (8 buah RTG)	8	8	8	8	8	8	8
Interval Kedatangan rata-rata (menit)	2,87	2,88	2,81	2,48	2,41	2,03	2,26
Waktu Pelayanan rata-rata (menit)	12,33	12,18	12,32	11,95	12,75	12,48	12,19
Waktu Tunggu rata-rata (menit)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,10	0,35
Waktu Jeda total (menit)	161,14	170,61	168,39	173,72	162,76	156,09	155,84
Waktu di Sistem (menit)	77,05	83,95	88,13	83,58	90,48	84,73	101,34
Waktu Jeda rata-rata (per RTG)	9,68	9,84	7,72	9,47	6,53	5,72	6,10
Jumlah server sibuk (RTG)	0	0	0	0	1	1	1

Sumber: Hasil perhitungan



Gambar 4.14. Perubahan kinerja sistem dari tahun 2004-2010 untuk kegiatan bongkar

4.4. Pembahasan Hasil Analisis Antrian dan Simulasi

Dengan menginspeksi hasil simulasi pada Tabel 4.27 dan 4.28 dapat diketahui beberapa kecenderungan sebagai berikut:

a. Karakteristik waktu tunggu rata-rata

Sampai tahun 2007, nilai waktu tunggu masih sama dengan nol. Artinya belum ada antrian dalam sistem. Antrian baru terjadi pada tahun 2008 dimana tingkat kedatangannya mencapai 32 box/jam. Itu saja jumlah antrian hanya terjadi pada 1 buah server atau dalam kasus ini adalah RTG. Namun kecenderungan umum menunjukkan bahwa waktu tunggu rata-rata dalam sistem terjadi peningkatan seiring peningkatan tingkat pertumbuhan kedatangan peti kemas.

b. Karakteristik waktu jeda rata-rata

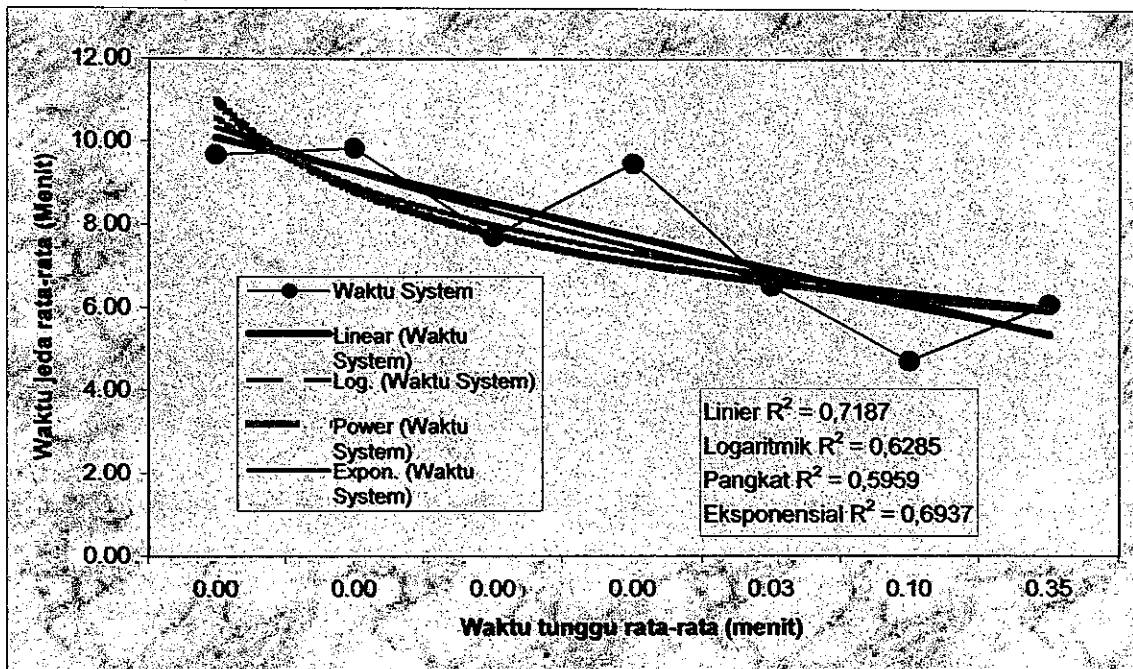
Secara umum waktu jeda rata-rata dalam sistem menunjukkan penurunan yang berarti. Tingkat penurunannya mencapai sekitar 26 % baik untuk kegiatan muat dan kegiatan bongkar. Tetapi sekalipun terjadi penurunan, munculnya nilai jeda pada setiap tahun menunjukkan bahwa sistem masih *underoperated* atau belum terjadi antrian. Sekalipun pada tahun 2008 telah terjadi antrian (ditunjukkan dengan adanya waktu tunggu), namun itu hanya terjadi pada 1 fasilitas dan tidak terjadi sepanjang periode simulasi (1 jam) (dibuktikan dengan adanya waktu jeda dalam sistem). Jadi dapat dikatakan bahwa sampai tahun 2010, fasilitas RTG masih mampu melayani tingkat kedatangan peti kemas secara efektif.

c. Karakteristik waktu sistem

Inspeksi pada Tabel 4.27 dan 4.28 terlihat bahwa ada kecenderungan peningkatan waktu yang dibutuhkan sistem dalam melayani tingkat kedatangan peti kemas. Tingkat kenaikan ini rata-rata mencapai 9% untuk kegiatan muat dan 8 % untuk kegiatan bongkar. Waktu sistem akan terus meningkat seiring dengan peningkatan jumlah kedatangan peti kemas yang harus dilayani.

d. Hubungan antara waktu tunggu rata-rata dan waktu jeda rata-rata

Karakteristik hubungan antara waktu tunggu rata-rata dengan waktu jeda rata-rata bersifat negatif. Artinya semakin meningkat waktu tunggu rata-rata dalam sistem akan menurunkan waktu jeda pelayanan fasilitas dalam sistem. Hubungan ini terlihat kuat dalam Gambar 4.15 dimana dengan berbagai model pendekatan regresi didapatkan nilai R^2 yang besar ($>0,5$). Tetapi kecenderungan mengikuti pola linier lebih besar jika melihat bahwa nilai R^2 untuk model linier adalah yang paling tinggi (0,7187).



Gambar 4.15. Hubungan waktu tunggu rata-rata (WT) dengan waktu jeda rata-rata (IT)

Model hubungan linier tersebut besarnya secara matematis dinyatakan sebagaimana dalam persamaan (4.5)

$$y = -0,7917x + 10,889 \dots\dots\dots (4.5)$$

Keterangan:

y : waktu jeda rata-rata (menit)

x : waktu tunggu rata-rata (menit)

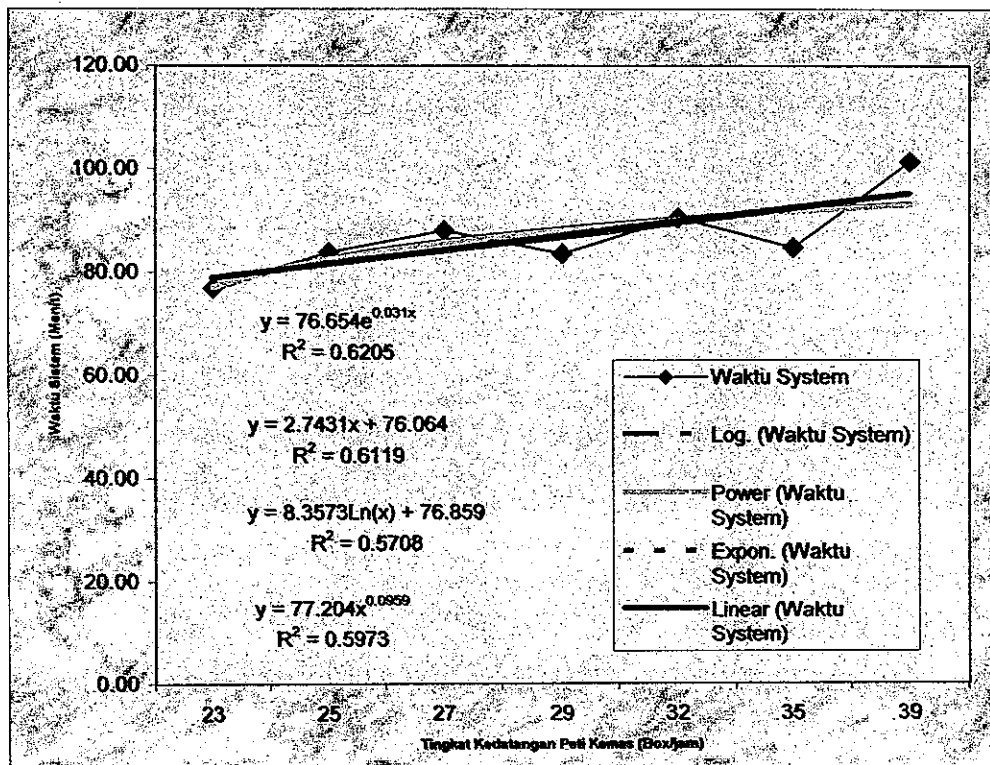
Sebagaimana terlihat dalam persamaan (4.5) diketahui bahwa tingkat kemiringan model sebesar 0,79 satuan dengan nilai negatif (-). Model dalam persamaan (4.5) memberikan arti bahwa setiap kenaikan 1 menit waktu tunggu rata-rata dalam sistem akan menyebabkan penurunan waktu jeda rata-rata pelayanan fasilitas sebesar 0,79 menit.

e. Hubungan antara tingkat kedatangan peti kemas dengan waktu total sistem

Karakteristik hubungan antara tingkat kedatangan dengan waktu total sistem bersifat positif. Artinya bahwa kenaikan tingkat kedatangan peti kemas akan

disertai dengan kenaikan waktu sistem yaitu waktu yang dibutuhkan sistem untuk melayani seluruh peti kemas dalam satu jam.

Model hubungan ini terlihat seperti dalam Gambar 4.16. Dari gambar terlihat bahwa nilai R^2 untuk semua model diatas 0,5. nilai ini mengisyaratkan bahwa ada hubungan yang erat antara antara tingkat kedatangan peti kemas dengan waktu sistem yang ada.



Gambar 4.16. Hubungan antara tingkat kedatangan peti kemas dengan waktu sistem

Diantara model yang paling baik menggambarkan kedua hubungan tersebut adalah model eksponensial, dibuktikan dengan nilai R^2 -nya paling besar (0,6205) diantara model yang lain. Sedangkan model matematis-nya dinyatakan sebagaimana dalam persamaan (4.6).

$$y = 76,654.e^{0,031x} \dots\dots\dots (4.6)$$

Keterangan:

y : waktu sistem (menit)

x : tingkat kedatangan (box/jam)

BAB V KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

5.1. Kesimpulan

Dari hasil analisis dan pembahasan yang telah dilaksanakan diketahui beberapa hal sebagai berikut:

1. Dari hasil peramalan permintaan peti kemas diketahui bahwa permintaan untuk ekspor/muat pada sampai tahun 2010 sebesar 217.727 box per tahun dan untuk impor/bongkar sebesar 165.346 box per tahun.
2. Hasil simulasi kinerja pelayanan fasilitas RTG sampai tahun 2010 menunjukkan bahwa sampai tahun 2007, belum ditemukan ada antrian dalam sistem. Antrian baru terjadi pada tahun 2008 dimana tingkat kedatangannya mencapai 32 box/jam. Antrian hanya terjadi pada 1 buah fasilitas RTG dan tidak terjadi sepanjang periode simulasi.
3. Waktu jeda sampai tahun 2010 masih tampak dan rata-rata masih diatas 5 menit baik untuk kegiatan muat dan bongkar. Artinya sistem masih dalam kondisi *underoperated*. Tetapi seiring peningkatan tingkat kedatangan peti kemas, waktu jeda ini mengalami penurunan dengan rata-rata penurunan sebesar 26 % baik untuk kegiatan muat maupun bongkar.

Dari temuan-temuan tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa berdasarkan analisis simulasi kinerja fasilitas pelayanan RTG sampai tahun 2010 diketahui bahwa fasilitas RTG (8 buah) masih dalam kondisi *underoperated* atau masih mampu melayani tingkat kedatangan peti kemas baik bongkar maupun muat secara penuh.

5.2. Rekomendasi.

1. Berdasarkan hasil analisis simulasi terhadap kinerja fasilitas RTG dalam penelitian ini dapat direkomendasikan bahwa pada dasarnya belum perlu diadakan penambahan fasilitas RTG karena fasilitas ini masih mampu melayani tingkat kedatangan peti kemas baik bongkar maupun muat sampai tahun 2010.

2. Jika penambahan diinginkan, maka penambahan bisa dilakukan mulai tahun 2008 sebanyak 1 (buah). Penambahan ini sebenarnya hanya untuk mengantisipasi variasi naik dari tingkat kedatangan peti kemas di pelabuhan Tanjung Emas Semarang.
3. Hasil studi ini dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan bagi pengembangan penyelenggaraan Pelabuhan Peti Kemas Tanjung Emas Semarang, terutama fasilitas RTG mengenai kapan perlu penambahan fasilitas RTG dan berapa jumlah yang harus ditambah untuk tahun terkait.

DAFTAR PUSTAKA

- Amir, M. S., (1979). *Peti Kemas, Masalah dan Aplikasinya*, Pustaka Binaman Pressindo, Jakarta.
- Anonymous, (1978). *Port Development, A Handbook for Planner in Countries*, UNCTAD, United Nation, New York.
- Banks, J. H., (1998). *Introduction to Transportation Engineering*, The McGraw-Hill Company, Inc., USA.
- Baroto, A., 1995 Analisa Optimasi Dermaga Gudang Nusantara dan Crane Pelabuhan Tanjung Perak Periode Tahun 1996 – 2000, Tesis S2 Transportasi ITB, Bandung.
- Gottfried, B. S., (1984). *Elements of Stochastic Process Simulation*, Prentice Hall, Inc, New Jersey.
- Kramadibrata, S., (1985). *Perencanaan Pelabuhan*, Ganeca Exact, Bandung.
- LPKM ITB, (1996). Modul Pelatihan Perencanaan Transportasi, ITB, Bandung
- Manheim, M. I., (1979). *Fundamentals of Transportation System Analysis*, volume I: Basic Concept, The MIT Press, Cambridge, 1979.
- Morlok, E. K., (1988). *Introduction to Transportation Engineering and Planning*, terjemahan Ir. Johan Kelana Putra Hainim, Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi, Erlangga, Jakarta.
- Salim, A. A., (1993), *Manajemen Transportasi*, Raja Grafindo Perkasa, Jakarta.
- Schumer, L., 1974, *Element of Transportation*, Butterwoth.
- Setijowarno, D. & R. B. Frazila, (2001). *Pengantar Sistem Transportasi*, Unika Soegijapranata, Semarang.
- Siagian, P., (1987). *Penelitian Operasional, Teori dan Praktek*, UI Press, Jakarta.

- Socharto, (2003). Kajian Terhadap Fasilitas Peralatan Bongkar Muat Barang Pada Terminal Peti Kemas di Pelabuhan Tanjung Emas Semarang, *Tesis Universitas Diponegoro Semarang*, Semarang.
- Soemarsono, (1997) Optimasi Fasilitas Pelayanan dan Evaluasi Sistem Pelayanan Bongkar Muat dengan Simulasi Komputer di Pelabuhan Tanjung Emas Semarang, *Tesis S2 Transportasi ITB*, 1997.
- Subagyo, P., (1987). *Dasar-Dasar Operation Research*, LPFE UGM, Yogyakarta.
- Sudjana, M., (1986). *Metode Statistika*, Tarsito, Bandung.
- Tamin, O. Z., (1998). *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*, ITB, Bandung.
- Triatmodjo, B., (1996). *Pelabuhan*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Warpani, S., (1990). *Merencanakan Sistem Perangkutan*, ITB, Bandung.